

ΥΠΟΗΧΟΙ

ΘΟΡΥΒΟΣ

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ

ΕΠΙΤΡΕΠΟΜΕΝΑ ΟΡΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Υπ. Καθηγητής : Βενιέρης Εμμανουήλ

Σπουδάστρια : Σαλούστρου Ευαγγελία, ΑΜ:269

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ-Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής

Απρίλιος 2011

Περιεχόμενα

<u>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>σελ.1	σελ.1
Υπόηχοισελ.1	σελ.1
Θόρυβοςσελ.3	σελ.3
Σκοπός έρευναςσελ.5	σελ.5
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u>	
<u>ΗΧΟΣ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΑΚΟΗ</u>σελ.6	σελ.6
<u>1.1. Ήχος</u>σελ.6	σελ.6
<u>1. 2. Διάδοση του ήχου-Κίνηση σωματιδίων του μέσου</u>σελ.6	σελ.6
1. 2.1. Διάδοση του ήχου.....σελ.6	σελ.6
1.2.2. Κίνηση σωματιδίων.....σελ.7	σελ.7
<u>1.3. Χαρακτηριστικά του ήχου</u>σελ.8	σελ.8
1.3.1. Συχνότητα.....σελ.8	σελ.8
1.3.2. Μήκος κύματος.....σελ.9	σελ.9
1.3.3. Ταχύτητα ήχου.....σελ.9	σελ.9
1.3.4. Ένταση.....σελ.9	σελ.9
<u>1.4. Νόμος αντίστροφου τετραγώνου</u>σελ.10	σελ.10
1.5. Ανθρώπινη ακοή.....σελ.11	σελ.11
<u>1.6. Ψυχοφυσικές ιδιότητες του ήχου</u>σελ.15	σελ.15
1.6.1. Σχέση ύψους – συχνότητας.....σελ.15	σελ.15
1.6.2. Σχέση έντασης – ηχηρότητας.....σελ.16	σελ.16
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u>	
<u>ΥΠΟΗΧΟΙ ,ΠΗΓΕΣ ΥΠΟΗΧΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ</u>σελ.20	σελ.20
<u>2.1. Υπόηχοι</u>σελ.20	σελ.20
<u>2.2. Φυσικές πηγές υποήχων</u>σελ.20	σελ.20
<u>2.3. Ανθρωπογενείς / Τεχνητές πηγές υποήχων</u>σελ.22	σελ.22
<u>2.4. Ζώα και υπόηχοι</u>σελ.23	σελ.23
<u>2.5. Επιδράσεις στον άνθρωπο</u>σελ.23	σελ.23

2.6. Θεραπευτικές ιδιότητες των υποήχωνσελ.24
2.7. Ερευνητές και Πειράματασελ.25

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΣ (ΟΧΛΗΣΗ)σελ.29
3.1. Περιβαλλοντικοί όροισελ.29
3.1.1. Επεξήγηση περιβαλλοντικών όρων.....σελ.29
3.1.2. Όχληση.....σελ.30
3.2. Πηγές θορύβουσελ.31
3.3. Επιπτώσεις στον άνθρωποσελ.32

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑσελ.38
4.1. Θόρυβος και Νομοθεσίασελ.38
4.2. Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization)σελ.40
4.2.1. Επιπτώσεις και αντίστοιχα όρια ανοχής, σύμφωνα με τον Π Ο Υ.....σελ.41
4.2.2. Επιτρεπόμενα όρια έκθεσης σε θόρυβο, σύμφωνα με τον Π Ο Υ.....σελ.44
4.2.3. Επιτρεπόμενα όρια έκθεσης, σε ειδικά περιβάλλοντα, σύμφωνα με τον ΠΟΥ.....σελ.45
4.2.4. Μελλοντικοί στόχοι του ΠΟΥ για την αντιμετώπιση του θορύβου.....σελ.50
4.3. Ελληνική Νομοθεσία για την προστασία από το θόρυβοσελ.51
4.3.1. Νομοθεσία σχετική με έργα και δραστηριότητες που προκαλούν θόρυβο.....σελ.51
4.4. Προστασία της υγείας των εργαζομένωνσελ.55
4.4.1. Οδηγία 89/391/ΕΟΚ.....σελ.55
4.4.2. Οδηγία 86/188/ΕΟΚ.....σελ.58
4.4.3. Οδηγία 2003/10/ΕΚ.....σελ.61
4.5. Προστασία του ευρέως κοινού από τον περιβαλλοντικό θόρυβο και το θόρυβο που εκπέμπεται από ειδικές πηγέςσελ.69
4.6. Θόρυβος που προκύπτει από διάφορες πηγέςσελ.70
4.6.1.Θόρυβος αεροσκαφών.....σελ.70
4.6.2.Θόρυβος οδικής κυκλοφορίας.....σελ.73
4.6.3. Σιδηροδρομικός θόρυβος.....σελ.77

4.6.4. Βιομηχανικός θόρυβος.....σελ.79	σελ.79
4.6.5.Θόρυβος που προκαλείται από τον εξοπλισμό προς χρήση σε εξωτερικούς χώρους.....σελ.80	σελ.80
4.6.6. Θόρυβος στα αιολικά πάρκα.....σελ.84	σελ.84
<u>4.7. Ενέργειες για τη Μείωση του Θορύβου σύμφωνα με την Πράσινη Βίβλο της Επιτροπής Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.....σελ.85</u>	σελ.85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

<u>ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΥΠΟΗΧΟΥΣ.....σελ.87</u>	σελ.87
<u>5.1. Υπόηχοι και θόρυβοςσελ.87</u>	σελ.87
<u>5.2. Α-στάθμιση, Β-στάθμιση, C-στάθμιση, G-στάθμιση.....σελ.88</u>	σελ.88
<u>5.3. Προτεινόμενα επιτρεπόμενα όρια στάθμης έντασης για συχνότητες από 1Hz – 200Hz.....σελ.90</u>	σελ.90
<u>5.4. Μέθοδοι αντιμετώπισης του προβλήματος.....σελ.95</u>	σελ.95
<u>5.5. Επιπλέον έρευνες και πειράματα.....σελ.97</u>	σελ.97

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

<u>ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....σελ.103</u>	σελ.103
<u>6.1. Προτεινόμενη μέθοδος μέτρησης υποήχων και στάθμης έντασης.....σελ.103</u>	σελ.103
<u>6.2. Μετρήσεις σε πραγματικές συνθήκες έκθεσης.....σελ.108</u>	σελ.108

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

<u>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....σελ.109</u>	σελ.109
--	---------

<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.....σελ.113</u>	σελ.113
---------------------------------------	---------

<u>Βιβλιογραφία – Αναφορές.....σελ.116</u>	σελ.116
---	---------

<u>Ηλεκτρονικοί σύνδεσμοι (Links).....σελ.119</u>	σελ.119
--	---------

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως έχουμε συνηθίσει στην ανθρώπινη κοινωνία, όταν κάτι δεν είναι άμεσα αντιληπτό, δύσκολα αποδεχόμαστε την ύπαρξη του, άρα και τις όποιες ιδιότητες και συνέπειές του. Οι υπόηχοι, όπως θα αναλυθούν παρακάτω είναι 'ήχοι' οι οποίοι δεν είναι αντιληπτοί από την ανθρώπινη ακοή – βρίσκονται εκτός (κάτω) από το ακουστικό φάσμα του ανθρώπινου οργανισμού και έτσι περιγράφονται με αυτόν τον ορισμό. Είναι επομένως φυσικό επακόλουθο να προσπερνάμε, τις αρνητικές επιπτώσεις των μη ακουστών κ συνειδητά αντιληπτών υποηχητικών κυμάτων, χωρίς να λαμβάνουμε τα αντίστοιχα και απαραίτητα μέτρα προστασίας.

Παρόμοια συμπεριφορά τείνουμε να έχουμε και στην αντιμετώπιση του θορύβου, όπου πολύ συχνά συνοδεύεται από υπόηχους, αυτή τη φορά γιατί συνειδητά 'συνηθίζουμε' την ύπαρξή του, ή την αποδεχόμαστε προς το μεγαλείο της εξέλιξης της τεχνολογίας και της ικανοποίησης κάθε βασικής αλλά και αυτοδημιούργητης πολλές φορές ανάγκης μας, εύκολα και γρήγορα.

Η έκθεση λοιπόν σε υπόηχους και θόρυβο, έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζει τον ανθρώπινο οργανισμό με σημαντικές αρνητικές συνέπειες. Παρά ταυτα, η ενημέρωση του κόσμου περί αυτού του θέματος είναι ελάχιστη έως μηδαμινή, καθώς και οι αντίστοιχες έρευνες κ τα μέτρα προστασίας. Όλοι οι Περιβαλλοντικοί Οργανισμοί, σε συνεργασία με τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και των ΗΠΑ, σκοπεύουν στην ανάπτυξη αυτού του τομέα έρευνας ώστε να βρεθούν όλο και πιο αξιόπιστες εφαρμογές και πρακτικές για τη μείωση του θορύβου και της έκθεσης σε υπόηχους και θόρυβο και ενδεχομένως την προστασία της δημόσιας υγείας. Για να επιτευχθεί βεβαίως αυτό χρειάζονται ολοένα και αναπτυσσόμενες έρευνες, συνεχής παρακολούθηση, κοινές μέθοδοι μέτρησης σε πραγματικές συνθήκες έκθεσης, συνεργασία και κατάλληλη οικονομική ενίσχυση, ούτως ώστε να εξαγονται σωστά συμπεράσματα και να βελτιώνονται οι ήδη υπάρχουσες όπως και να επινοούνται νέες ιδανικές εφαρμογές και μέθοδοι εξασθένισης ή εξάλειψης του προβλήματος.

Υπόηχοι

Οι υπόηχοι είναι κύματα (διαταραχές σε ένα μέσο), με συχνότητα χαμηλότερη από το κατώτατο όριο συχνοτήτων που μπορούν να γίνουν αντιληπτές από την ανθρώπινη ακοή. Πιο συγκεκριμένα, το εύρος των υποηχητικών κυμάτων ξεκινάει από τα 0,001Hz έως και τα 20Hz, συχνότητα η οποία αποτελεί το κατώτατο όριο της ανθρώπινης ακοής, αφού το ακουστικό εύρος για τον άνθρωπο κυμαίνεται από 20Hz έως 20kHz.

Όπως ξέρουμε από την Κυματική Φυσική, η ταχύτητα του ηχού δίδεται από τη σχέση: $c = \lambda f$, όπου c: ταχύτητα ήχου, λ: μήκος κύματος, f: συχνότητα κύματος.

Από τη σχέση αυτή, συνεπάγεται ότι το μήκος ενός κύματος ισούται με: $\lambda = c/f$

Άρα όσο μικρότερη είναι η συχνότητα τόσο μεγαλύτερο είναι το μήκος κύματος. Επομένως, τα υποηχητικά κύματα, είναι αρκετά μεγάλοι μήκους κύματα, γεγονός που

τα καθιστά ικανά να διανύουν τεράστιες χιλιομετρικές αποστάσεις, ειδικά μέσα σε στερεά ή υγρά μέσα, και να παρακάμπτουν εμπόδια, χωρίς σημαντική εξασθένηση της ενέργειάς τους.

Υποηχητικά κύματα υπάρχουν παντού στο περιβάλλον. Μπορεί να παράγονται από φυσικά φαινόμενα όπως ο δυνατός άνεμος, οι χιονοστιβάδες, οι σεισμοί, οι εκρήξεις ηφαιστειών, οι καταρράκτες και οι αστραπές. Καθώς επίσης, με το σπάσιμο των παγόβουνων ή τις θαλάσσιες τρικυμίες και άλλα θαλάσσια και υποθαλάσσια φαινόμενα.

Τα ζώα όπως οι φάλαινες, οι ελέφαντες, οι ρινόκεροι, οι αλιγάτορες και οι καμηλοπαρδάλεις, χρησιμοποιούν υπόηχους για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους σε πολύ μεγάλες χιλιομετρικές αποστάσεις, καθώς και για να αμυνθούν ή να επιτεθούν.

Οι υπόηχοι ωστόσο μπορεί να παραχθούν και από τον ίδιο τον άνθρωπο, με δραστηριότητες όπως η οικοδόμηση κτιρίων, οι τεχνητές εκρήξεις, η κυκλοφορία οχημάτων, αεροπλάνων κτλ, οι ανεμογεννήτριες, οι εργοστασιακές μηχανές, οι ανεμιστήρες αλλά και άλλες ευρείας χρήσης συσκευές (π.χ κλιματιστικά, εξαερισμοί κτλ).

Επομένως, οι υπόηχοι υπάρχουν καθημερινά σχεδόν σε οποιοδήποτε περιβάλλον και μπορούν να αποτελέσουν μεγάλο κίνδυνο για τον άνθρωπο που ζει μέσα σε αυτό, ιδιαίτερος σε υψηλά επίπεδα στάθμης έντασης και μεγάλα χρονικά διαστήματα έκθεσης. Επίσης, με τα διάφορα φυσικά φαινόμενα, που αναφέρθηκαν παραπάνω, προκαλούνται εξαιρετικά μεγάλες ζημιές και στο περιβάλλον. Σε όλους μας είναι γνώστες οι καταστροφές από σεισμούς, τσουνάμια και εκρήξεις ηφαιστειών, ακόμη και σε μεγάλη χιλιομετρική απόσταση από το εκάστοτε επίκεντρο του φαινομένου. Ενώ σε κάποιες περιπτώσεις έχουμε σχεδόν ολοκληρωτικές καταστροφές και θνησιμότητα σε εξτρεμιστικό βαθμό, όπως για παράδειγμα με τον τελευταίο υποθαλάσσιο σεισμό της 11^{ης} Μαρτίου 2011, στο νησί *Sandai* της Ιαπωνίας, εντάσεως 8,9 ρίχτερ, όπου αποτελεί και τον ισχυρότερο σεισμό τα τελευταία 140 χρόνια.

Όσον αφορά στην έκθεση ενός ατόμου σε υπόηχους οποιασδήποτε πηγής, υπάρχει επικινδυνότητα για σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις σε νου και σώμα. Αυτές μπορεί να είναι αδιαθεσία, ναυτία, ίλιγγος, έως και σοβαρά καρδιαγγειακά προβλήματα κ.α.. Υπάρχουν ωστόσο και επιδράσεις ειδικού ενδιαφέροντος, όπως είναι τα φαινόμενα αίσθησης συναισθημάτων όπως φόβος, δέος, ανατριχίλα ή τα φαινόμενα οφθαλμαπάτης, που πολλοί αποδίδουν στην ύπαρξη φαντασμάτων, ενώ δεν είναι τίποτε άλλο από εκπομπή συχνότητων πλησίον των 19Hz, όπου είναι και η συχνότητα συντονισμού του ανθρώπινου ματιού!

Χάριν αυτών των ειδικού ενδιαφέροντος επιδράσεων, αναφέρεται και η εκούσια χρησιμοποίηση υποήχων, εκμεταλλευόμενη των αρνητικών επιδράσεών τους, σε τομείς όπως η μουσική και ο κινηματογράφος, όπου οι υπόηχοι προκαλούν διάφορα αισθήματα σε ακροατή και θεατή (φόβο, ανησυχία, δέος, γαλήνη κτλ). Ενώ σημαντική είναι η χρησιμοποίηση τους στην οπλοποιία, με τη δημιουργία 'υποηχητικών όπλων'.

Άλλο παράδειγμα που έχει αναφερθεί, έγκειται σε θρησκευτικά πλαίσια, και αφορά υποψίες για χρησιμοποίηση υποήχων σε ναούς κ χώρους λατρείας. Λέγεται δηλαδή ότι οι υπόηχοι που παράγονται από τα εκκλησιαστικά όργανα σε συνδυασμό με την ακουστική των ναών, έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση αισθημάτων όπως ανησυχία, ρίγος ή δέος στο εκκλησίασμα, το οποίο με τη σειρά του το αποδίδει συνήθως σε άλλους παράγοντες, πνευματισμού και λατρείας.

Θόρυβος

Δεν πρέπει να προσπεράσουμε βεβαίως την ύπαρξη και την έννοια του θορύβου και της λεγόμενης 'ηχορρύπανσης'. Ο θόρυβος θεωρητικά, είναι κάθε ήχος που δεν έχει ξεκάθαρο άκουσμα, δεν έχει τόνο και ηχόχρωμα και είναι ενοχλητικός στα αυτιά μας.

Ο θόρυβος αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της σύγχρονης εποχής. Συνήθως αναφερόμαστε με τον όρο 'περιβαλλοντικός θόρυβος' ή αλλιώς 'περιβαλλοντική όχληση', που αφορά σε οποιονδήποτε θόρυβο του περιβάλλοντος [ηχορρύπανση] και στον 'βιομηχανικό θόρυβο', που αφορά θόρυβο ο οποίος παράγεται από βιομηχανικό εξοπλισμό και απαντάται συνήθως στις βιομηχανικές περιοχές. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και την αύξηση των απαιτήσεων του σύγχρονου κόσμου, ο περιβαλλοντικός και βιομηχανικός θόρυβος ολοένα και αυξάνεται, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται ορατές πλέον επιπτώσεις στην υγεία των εκτεθειμένων ατόμων, όπως μερική ή ολική κώφωση, στρες, ημικρανίες, αϋπνίες, αρνητική ψυχολογία, επιθετικότητα, χαμηλότερες επιδόσεις στην εργασία, δυσφορία, στομαχικές διαταραχές, κτλ. Σε επαγγέλματα όπου οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε θόρυβο, αναφέρεται το φαινόμενο της 'επαγγελματικής κώφωσης'. Αυτή η ασθένεια αποδεικνύεται επιστημονικά με ακουστόγραμμα και τυμπανογράφημα, όπου παρατηρείται μείωση της ακουστότητας κατά 30 db στα 4 KHz στους πάσχοντες.

Το ανθρώπινο αυτί, είναι περισσότερο ευαίσθητο σε ήχους μεσαίων συχνοτήτων από τα 1 KHz – 10 KHz, άρα και οι ειδικοί εστιάζουν κυρίως στην προστασία από αυτές τις συχνότητες. Στις χαμηλότερες συχνότητες, από τα 500 Hz και κάτω, το ανθρώπινο αυτί δεν έχει τόση ευαισθησία, πρέπει όμως να δίδεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον όταν οι συχνότητες αυτές εκπέμπονται σε υψηλές στάθμες εντάσεις. Παρ' όλα αυτά, δεν έχει επιτευχθεί ακόμη ιδανική ανάπτυξη στον τομέα έρευνας για την έκθεση σε θόρυβο και την προσπάθεια μείωσης αυτής.

Επίσης, οι περισσότερες επιστημονικές έρευνες που έχουν διεξαχθεί έως τώρα, παραμένουν στη μελέτη μόνο του ακουστού θορύβου (>20Hz) και στις επιπτώσεις που ενδεχομένως να έχει στο ακουστικό μας σύστημα κυρίως, χωρίς να εστιάζουν στις συχνότητες εκτός του ακουστικού μας εύρους, που όπως είπαμε ορίζονται ως υπόηχοι και οι οποίοι έχουν επίσης πολλές και σοβαρότερες επιπτώσεις σε περισσότερα όργανα του ανθρώπινου οργανισμού, όπως και στην ψυχολογία αυτού και χωρίς να επενδύουν στη μελέτη και την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων και μεσών προστασίας. Ετσι, οι έρευνες που γίνονται για την προστασία του ανθρώπου από την έκθεση σε θόρυβο και υπόηχους, είναι ελλειπείς και προφανώς δεν προσφέρουν ολοκληρωμένα αποτελέσματα

για ιδανική πρόληψη και προστασία.

Δυστυχώς τα συνήθη ακοοπροστατευτικά μέσα (όπως π.χ κοινές ωτοασπίδες), δεν προσφέρουν την κατάλληλη προστασία από τα υποηχητικά κύματα. Επομένως, πρωταρχική λύση είναι η μείωση της εκπομπής τέτοιων συχνοτήτων από την πηγή, σε όσο το δυνατόν μικρότερες στάθμες έντασης από τα όρια ενόχλησης για τον ανθρώπινο οργανισμό. Αυτό όμως επιτυγχάνεται με τον εντοπισμό της πηγής και της συχνότητας, λαμβάνοντας υπόψη και περαιτέρω παράγοντες, όπως είναι τα χαρακτηριστικά του χώρου κτλ.

Με την ενημέρωση του κοινού και των ατόμων που εργάζονται σε χώρους με έντονη εκπομπή επιβλαβών συχνοτήτων, με μετρήσεις στους χώρους αυτούς αλλά και σε γειτονικούς, καθώς και με τακτικές εξετάσεις σε καρδιά και ακοή των ιδιαίτερα εκτεθειμένων ατόμων, μπορούμε να έχουμε σηματικά αποτελέσματα για βελτίωση των συνθηκών έκθεσης, αποκατάσταση της υγείας και δυνατή μείωση του προβλήματος. Εκτός της επαγγελματικής κώφωσης, οι ειδικοί αναφέρονται και στη λεγόμενη '*Vibroacoustic disease (VAD)*', ασθένεια που αφορά ολόκληρο τον οργανισμό – ψυχοσωματικά και προκαλείται από υπερβολική ή μακροχρόνια έκθεση σε θόρυβο, υπόηχους και δονήσεις, όπως θα αναλυθεί παρακάτω.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι είναι επιτακτική ανάγκη, να μην προσπερνώνται αλλά να επισημαίνονται τα προβλήματα που προκαλούνται από την έκθεση σε υποηχητικά κύματα και να συμπεριέχονται στις μελέτες και τα έργα που αφορούν στο θόρυβο και την προστασία του ανθρώπου από την έκθεσή του σε αυτόν.

Σκοπός έρευνας

Σκοπός λοιπόν, της παρούσης έρευνας είναι:

- γνωστοποίηση της έννοιας και ύπαρξης των υποήχων και των πιθανών περιπτώσεων έκθεσης, καθώς και επισήμανση των αρνητικών επιπτώσεων που μπορεί να έχει στον ανθρώπινο οργανισμό, η έκθεσή του σε αυτούς.

-επισήμανση του προβλήματος του θορύβου και των αντίστοιχων περιπτώσεων έκθεσης, όπως και τις επιπτώσεις που ενδεχομένως έχει η τελευταία στον άνθρωπο.

- έρευνα για υπάρχουσα σύσταση νομοθεσίας στην Ευρωπαϊκή Ένωση, για την προστασία του ανθρώπου και του περιβάλλοντος από την έκθεση στα υποηχητικά κύματα και τον περιβαλλοντικό θόρυβο.

-επιτρεπόμενα όρια ηχητικής στάθμης έντασης όσον αφορά στην έκθεση του ανθρώπου σε υποηχητικές συχνότητες και θόρυβο, που προτείνονται βάσει ερευνών (προτεινόμενα επιτρεπόμενα όρια στάθμης έντασης) ή συστήνονται βάσει υπάρχουσας νομοθεσίας (νομοθετικώς επιτρεπόμενα όρια στάθμης έντασης).

- προτεινόμενες μέθοδοι μέτρησης για μετρήσεις σε πραγματικές συνθήκες (δημόσιους-ιδιωτικούς χώρους, επαγγελματικούς και μη) για τη διαπίστωση εκπομπής υποήχων ή θορύβου, αλλά και τη σύγκριση της ηχητικής τους στάθμης με τα αντίστοιχα νομοθετικώς επιτρεπόμενα ή προτεινόμενα όρια έκθεσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 **ΗΧΟΣ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΑΚΟΗ**

1.1. Ήχος

Ήχος είναι κάθε διαταραχή σε ένα ελαστικό μέσο, η οποία γίνεται αντιληπτή με την ακοή. Στην πραγματικότητα όμως αποτελεί μία σύνθετη και όχι τόσο απλοϊκή έννοια, εξαιτίας της ψυχοφυσικής του υπόστασης. Εάν θέλουμε να προσεγγίσουμε την έννοια του ήχου φυσικά, αναφερόμαστε σε μία διαταραχή που συμβαίνει μέσα σε ένα 'ελαστικό' μέσο. Έλαστικό' λέγεται ένα μέσο που έχει ελαστικότητα. Μπορεί να είναι αέριο (ατμοσφαιρικός αέρας), υγρό (ωκεανός) ή στερεό (τσιμέντο).

Μιλώντας για διέγερση του μηχανισμού της ανθρώπινης ακοής, ερχόμαστε σε επαφή με την ψυχοφυσική έννοια του όρου. Ένα παράδειγμα για την κατανόηση των διαφορετικών αυτών προσεγγίσεων είναι ο ήχος που διαδίδεται (ως διαταραχή στον αέρα) από ένα ηχείο μέσα στο χώρο ενός μπαρ [φυσική προσέγγιση] και το πώς αντιλαμβάνεται αυτόν τον ήχο κάποιος που βρίσκεται κοντά στο ηχείο [ψυχοσωματική προσέγγιση]. Στην τελευταία περίπτωση το ενδιαφέρον έγκειται στη διέγερση του μηχανισμού ακοής του ανθρώπου, αλλά και στην ψυχολογική του αντίδραση (π.χ πόσο ευχάριστα ή όχι αποδέχεται τον ήχο στη συγκεκριμένη θέση, που μπορεί για παράδειγμα να είναι σχετικά δυνατότερος σε σχέση με κάποια άλλη θέση).

Βάσει αυτών των προσεγγίσεων, οι φυσικές ιδιότητες του ήχου μπορούν να μεταφραστούν σε ψυχοσωματικές αντιλήψεις του ακροατή, οι οποίες δεν είναι πάντα απολύτως ανάλογες. Παρακάτω θα μιλήσουμε για τις σχέσεις:

Ύψους-συχνότητας' και Έντασης – ηχηρότητας'

1.2. Διάδοση του ήχου-Κίνηση σωματιδίων του μέσου

1.2.1. Διάδοση του ήχου

Ας ξαναγυρίσουμε στη φυσική προσέγγιση και έννοια του ήχου ως διαταραχή. Η διαταραχή αυτή αποτελεί μια ταλάντωση, ή αλλιώς μία 'κυματική κίνηση'. Όταν ένα σώμα τεθεί σε ταλάντωση από κάποια δύναμη, διεγείρει τα μόρια του 'ελαστικού' μέσου που το περιβάλλει. Τα μόρια αρχικά απομακρύνονται από τη 'θέση ισορροπίας' τους και αρχίζουν να ταλαντεύονται, διεγείροντας με τη σειρά τους τα «διπλανά» μόρια κ.ο.κ. Με την αρχική τους απομάκρυνση από τη 'θέση ισορροπίας', αναγκάζονται να συμπιεσθούν μεταξύ τους σε κάποιες περιοχές, ενώ στη συνέχεια - κατά την 'επιστροφή' τους δηλαδή - αραιώνουν. Έτσι έχουμε τις 'περιοχές συμπίεσης' (ή πύκνωσης) και τις 'περιοχές αραιώσης'.

Για παράδειγμα, μία ηχητική πηγή σε ένα αέριο ελαστικό μέσο π.χ. ο ατμοσφαιρικός αέρας, θα προκαλέσει διαταραχή στα σωματίδια του μέσου, η οποία μεταφράζεται σε αλλαγές πίεσης του αέρα, δηλαδή αύξηση και ελάττωση της πίεσης. Το ηχητικό κύμα λοιπόν εξαναγκάζει τα σωματίδια του αέρα να συμπιεσθούν σε κάποιες περιοχές και να

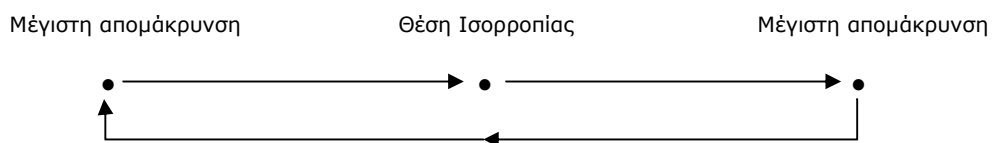
αραιώσουν σε κάποιες άλλες που σημαίνει ότι στις περιοχές συμπίεσης, η πίεση του αέρα είναι λίγο μεγαλύτερη από την επικρατούσα ατμοσφαιρική πίεση, ενώ στις περιοχές αραιώσης είναι λίγο μικρότερη. Αυτές οι αλλαγές πίεσης, μεταφέρονται στον ανθρώπινο εγκέφαλο, ως ηλεκτρικά ερεθίσματα, μέσω του μηχανισμού του αυτιού. Η πίεση μετριέται σε Pascal (Pa) και το 'κατώφλι' της ηχητικής πίεσης για το ανθρώπινο αυτί είναι τα 20 μPa ($2 * 10^{-5}$ Pa).

Ο τρόπος που διαδίδεται ένα κύμα, έχει να κάνει με την ταλάντωση των σωματιδίων του μέσου από τη 'θέση ισορροπίας' τους. Μία διαταραχή, λοιπόν, διεγείρει ένα σωματίδιο του μέσου, απομακρύνοντάς το από τη θέση ισορροπίας, ενώ η ελαστικότητα του μέσου τείνει να το επαναφέρει στην αρχική του θέση και η αδράνεια του σωματιδίου το κάνει να 'προσπερνά' αυτή τη θέση ισορροπίας και να κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση κ.ο.κ. Με το να ταλαντεύεται ένα σωματίδιο 'σκουντάει' κ τα διπλανά του και έτσι το κύμα διαδίδεται προς μία κατεύθυνση.

Επομένως, η διάδοση της ταλάντωσης της ηχητικής πηγής σε ένα ελαστικό μέσο, δε γίνεται με την έννοια της 'μεταφοράς' των ταλαντούμενων μορίων, αλλά με την έννοια της 'μεταβίβασης ενέργειας' των ταλαντούμενων μορίων. Η ενέργεια αυτή δίδεται από την ηχητική πηγή (ως διέγερση), και ταλαντεύει τα μόρια του μέσου διάδοσης, ώσπου να καταναλωθεί. Επομένως, όταν καταναλωθεί αυτό το ποσό ενέργειας, τα μόρια ηρεμούν, δηλαδή επιστρέφουν στη 'θέση ισορροπίας' και η διαταραχή σταματάει να διαδίδεται. Π.χ, διεγείροντας με μία πένα τη χορδή μίας κιθάρας, αυτή θα ταλαντούται κ θα ακούμε τον ήχο ώσπου να καταναλωθεί η ενέργεια που δώσαμε με το χέρι μας.

1.2.2. Κίνηση σωματιδίων


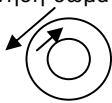


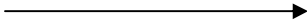
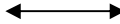
Όπως αναφέρθηκε, όταν μία πηγή διεγείρει ένα ελαστικό σώμα, τα μόρια του σώματος αρχίζουν να απομακρύνονται από τη 'θέση ισορροπίας' τους και να ταλαντεύονται, λόγω της ελαστικότητας του μέσου, που τα εξαναγκάζει να τείνουν να επιστρέψουν στην αρχική τους θέση, την οποία όμως προσπερνούν λόγω αδράνειας και έτσι ταλαντεύονται προς τη 'θέση ισορροπίας' τους, όπως φαίνεται παρακάτω στο σχήμα.



Σχ 1 . Ένα σωματίδιο σε ένα ελαστικό σώμα, διεγείρεται από μία ηχητική πηγή και απομακρύνεται από τη θέση ισορροπίας του, ξεκινώντας έτσι μία ταλάντωση, εξαιτίας της αλληλεπίδρασης των ελαστικών δυνάμεων του μέσου και της αδράνειας του σωματιδίου και η οποία είναι ανάλογη της ενέργειας του ηχητικού κύματος.

Υπάρχουν 3 διακριτές κινήσεις σωματιδίων:

- 1) Κυκλική, όπου τα σωματίδια κινούνται σε ομόκεντρες κυκλικές τροχιές. Στην ουσία, η κίνηση των σωματιδίων είναι οριζόντια προς την κατεύθυνση διάδοσης του κύματος. Για παράδειγμα, αν ρίξουμε μία πέτρα σε μία πισίνα με νερό, τότε θα αρχίσουν να διακρίνονται ομόκεντροι κύκλοι προς τα έξω, λόγω της διάδοσης του κύματος, με κέντρο το σημείο πρόσκρουσης. Τα σωματίδια του νερού θα κινηθούν οριζοντίως των κυκλικών αυτών τροχιών
- 2) Εγκάρσια, όπου τα σωματίδια του μέσου κινούνται κάθετα με την κατεύθυνση διάδοσης της διαταραχής. Για παράδειγμα, στη χορδή ενός οργάνου όταν αυτή δονηθεί, τα σωματίδια της χορδής κάθετα με την κατεύθυνση του κύματος κατά μήκος της χορδής.
- 3) Διαμήκη, όπου τα σωματίδια του μέσου κινούνται κατά μήκος με την κατεύθυνση του κύματος. Όπως παραδείγματος χάρην συμβαίνει με ένα κύμα που διαδίδεται στον αέρα, όπου τα σωματίδια του αέρα κινούνται προς την κατεύθυνση του κύματος.

Μέσο	Κατεύθυνση κίνησης κύματος	Κίνηση σωματιδίων
1. Νερό		
2. Χορδή		
3. Αέρας		

Σχ. 2. Οι τρεις διαφορετικές κινήσεις των ταλαντούμενων σωματιδίων.

1.3. Χαρακτηριστικά του ήχου

1.3.1. Συχνότητα

Ένα κύμα όπως είπαμε, είναι μία διαταραχή σε ένα μέσο και η διάδοσή του οφείλεται στην περιοδική (επαναλαμβανόμενη) ταλάντωση που προκαλεί στα σωματίδια του μέσου. Μία πλήρης ταλάντωση (πλήρης απομάκρυνση από τη θέση ισορροπίας), αποτελεί χρονικά, μία περίοδο του φαινομένου. Η συχνότητα ενός κύματος λοιπόν, είναι το πλήθος των επαναλήψεων ενός περιοδικού φαινομένου, στη μονάδα του χρόνου, ή διαφορετικά, το πόσες φορές ένα σωματίδιο εκτελεί μία πλήρη ταλάντωση από τη θέση ισορροπίας του. Η μονάδα μέτρησης της συχνότητας ενός κύματος, είναι 'κύκλος ανά δευτερόλεπτο', ή 'cycle/sec' ('cps') ή 'Hertz' (Hz) και συμβολίζεται με 'f' (frequency) 'η ν' και το μέγεθός της εκφράζεται από τη σχέση:

$$f = c/\lambda, \text{ όπου } c: \text{ η ταχύτητα του ήχου και } \lambda = \text{ μήκος κύματος}$$

1.3.2. Μήκος κύματος

Μήκος κύματος είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών μεγίστων ή ελαχίστων ενός κύματος και συμβολίζεται με λ . Η σχέση με την οποία εκφράζεται είναι η εξής:

$$\lambda(\text{m}) = c(\text{m/s})/f(\text{Hz})$$

=> $f = c/\lambda$, όπου c : η ταχύτητα του ήχου

Για παράδειγμα, για έναν ήχο συχνότητας 1000Hz (1kHz), που διαδίδεται στον αέρα, όπου $c = 343 \text{ m/s}$, το μήκος κύματος θα είναι:

$$\lambda = 343 \text{ (m/s)} / 1000 \text{ (c/s)} = 0,340 \text{ m ή } 34 \text{ cm.}$$

1.3.3. Ταχύτητα ήχου

Η ταχύτητα του ήχου μέσα σε ένα ελαστικό μέσο, εξαρτάται από την ελαστικότητα και την πυκνότητα του μέσου, καθώς και από τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Στην περίπτωση του αέρα, ως μέσο διάδοσης, η ταχύτητα εξαρτάται και από άλλες συνθήκες, υγρασίας, βαρομετρικής πίεσης, άνεμο κτλ.

Υπολογίζεται ως εξής:

$$c = \sqrt{E/\rho} \text{ (m/s)}$$

, όπου E = μέτρο ελαστικότητας του μέσου (N/m^2) και ρ = πυκνότητα μέσου (kg/m^3)

Η ταχύτητα του ήχου διαμέσου ιδανικού αερίου, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$c = \sqrt{\gamma \cdot R \cdot T}$$

, όπου $R = R_0/M$

(K = σταθερά αερίων, $R_0 = 8,315410 \cdot \text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, M = μοριακό βάρος του αερίου ($0,0289645 \cdot \text{kg} \cdot \text{mol}^{-1}$, για τον αέρα)

$\gamma = C_p/C_v$, που είναι ο λόγος των ειδικών θερμότητων και ισούται με $\gamma = 1,40000$ (C_p : ισοβαρής θερμοχωρητικότητα και C_v : ισόχωρη θερμοχωρητικότητα)

T : θερμοκρασία σε Kelvin

Ειδικότερα,

- η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι 344 m/sec , με θερμοκρασία 20^0 και 343 m/sec , με θερμοκρασία 18^0 .

- η ταχύτητα του ήχου σε υγρό μέσο είναι 1500 m/sec
- η ταχύτητα του ήχου σε στερεό μέσο είναι 5000 m/sec.

1.3.4. Ένταση

Είναι η ισχύς του ηχητικού κύματος ανά μονάδα επιφανείας, ή αλλιώς η ενέργεια που μεταφέρει το κύμα ανά μονάδα επιφανείας και ανά μονάδα χρόνου και μετριέται σε W/m^2 στο S.I. Η ένταση του ήχου συνδέεται με την 'ακουστότητα', ένα υποκειμενικό μέγεθος που μας δίνει την αίσθηση του δυνατού ή ασθενούς τόνου.

Η στάθμη της έντασης του ήχου μετριέται σε Ντεσιμπέλ (Decibel-db) και η αντίστοιχη σχέση είναι:

$$L_I = 10 \log_{10} (I_1/I_0)$$

, όπου I_1 : η ακουστική ισχύς του υπό μέτρηση ήχου (W/m^2)

και I_0 : η ακουστική ισχύς αναφοράς ($10^{-12} (W/m^2)$)

Το ανθρώπινο αυτί, αντιλαμβάνεται τον ήχο ως διαφορά πίεσης και το κατώφλι ακουστότητας, το κατώτατο όριο δηλαδή πίεσης είναι τα 20 μPa . Η διαφορά στάθμης ενός ήχου πίεσης P_1 ως προς την πίεση του κατωφλίου ακουστότητας P_0 (20 μPa) εκφράζεται σε db SPL (SOUND PRESSURE LEVEL) και επειδή η ακουστική ισχύς είναι ανάλογη του τετραγώνου της πίεσης έχουμε την παρακάτω σχέση για τη στάθμη ακουστικής πίεσης σε db:

$$I = P^2 / (\rho c)$$

, όπου ρ : πυκνότητα του αέρα και c : ταχύτητα του ήχου

$$\text{Οπότε: } L_I = 10 \log_{10} (I_1/I_0)$$

$$\Rightarrow L_I = 10 \log_{10} (P_1^2 / \rho c) / (P_0^2 / \rho c)$$

$$\Rightarrow L_P = 20 \log_{10} (P_1/P_0)$$

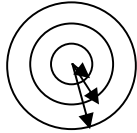
, όπου P_1 είναι η πίεση του μετρούμενου ήχου

και P_0 είναι η πίεση αναφοράς που αντιστοιχεί στο κατώφλι ακουστότητας (20 μPa)

1.4. Νόμος αντίστροφου τετραγώνου

Ο ήχος από μία σταθερή ηχητική πηγή, διαχέεται στο περιβάλλον με τη μορφή ομόκεντρων σφαιρών, με κέντρο την ηχητική πηγή. Κάθε σφαίρα που παριστά μία

συμπύεση των μορίων, είναι ύπο θετική πίεση και απεικονίζεται γραφικά ως το θετικό τμήμα της καμπύλης της ταλάντωσης. Επομένως, κάθε σφαίρα που παριστά την αραιώση των σωματιδίων, είναι ύπο αρνητική πίεση και απεικονίζεται γραφικά ως το αρνητικό τμήμα της καμπύλης. Η ένταση του ήχου μειώνεται καθώς αυξάνει η απόσταση από την πηγή. Αυτό συμβαίνει γιατί καθώς αυξάνει η απόσταση από την πηγή (ακτίνα r), η σφαιρική επιφάνεια μεγαλώνει και έτσι η ηχητική ισχύς ελαττώνεται.



Σχ. 3 . Διάδοση του ήχου σε 'ελεύθερο πεδίο', σε ομόκεντρες σφαιρικές επιφάνειες, με κέντρο την ηχητική πηγή και απόσταση ίση με ακτίνα r , $2r$, $3r$ κτλ. Τα βέλη δείχνουν τις αντίστοιχες αποστάσεις από την πηγή..

Έστω ότι η εκπεμπόμενη ενέργεια της ηχητικής πηγής είναι E' , και όπως είπαμε κατανέμεται σε ομόκεντρους κύκλους διαδοχικά αυξανόμενης ακτίνας, άρα και σφαιρικής επιφάνειας. Τότε η σχέση που μας δίνει την κατανομή της ενέργειας ϵ κατά τη διάδοση του ήχου σε κάθε σφαιρική επιφάνεια, θα είναι:

$$\epsilon = E / 4\pi r^2$$

, επειδή η ενέργεια E' της πηγής και το 4π αποτελούν σταθερές τιμές, συμπεραίνουμε ότι η ενέργεια σε κάθε σφαιρική επιφάνεια ακτίνας r , είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της ακτίνας r .

Δηλαδή, όταν διπλασιάζεται η απόσταση από την πηγή, η ηχητική ενέργεια στο αντίστοιχο σημείο αναφοράς υποτετραπλασιάζεται κ.ο.κ.

Αυτό αποτελεί και τον 'Νόμο του αντίστροφου τετραγώνου', που ορίζει ότι η ένταση του ήχου σε ελεύθερο πεδίο είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή. Ως 'ελεύθερο πεδίο' ορίζεται ένα πεδίο όπου δεν παρεμβάλλονται αντικείμενα, τα οποία θα δημιουργούν ανακλάσεις των ηχητικών κυμάτων.

1.5. Ανθρώπινη ακοή

Όπως συμπεραίνεται από τα παραπάνω, για να παραχθεί ένας ήχος και να φτάσει στο ανθρώπινο αυτί απαιτείται μία ηχητική πηγή και ένα ελαστικό μέσο, μέσω του οποίου θα διαδοθούν τα ηχητικά κύματα. Έαν μεταξύ της πηγής και του αυτιού (αποδέκτης), παρεμβάλεται κενό αέρα (μη ελαστικό μέσο), η μεταφορά του ήχου είναι αδύνατη.

Ο μηχανισμός του αυτιού αποτελείται από 3 μέρη:

- το 'έξω' αυτί ['περυγίο']

-το 'μέσω' αυτί

-το 'έσω' αυτί

Ο σχεδιασμός του περυγίου και η θέση του στο πλάι του κεφαλιού, μας δίνει τη δυνατότητα απόκρισης, ανάλογης της συχνότητας και της κατεύθυνσης του ήχου(λόγω του φαινομένου πρόσπτωσης, των πολλαπλών ανακλάσεων και αντηχήσεων που συμβαίνουν σε αυτό).

Ένας ήχος που φθάνει στο περυγίο, εισέρχεται στο 'μέσω' αυτί διαμέσου ενός σχεδόν ευθύ 'ακουστικού αγωγού' (*auditory duct*), μήκους 25-30 χιλιοστών, και καταλήγει στο 'τύμπανο', μία μεμβράνη που λειτουργεί ως διάφραγμα, ανταποκρινόμενο στη συχνότητα του εισερχόμενου ήχου (διαφορές πίεσης). Η διαταραχή αυτή του τυμπάνου, μεταφέρεται στο 'μέσω' αυτί, σε έναν σύνδεσμο 3 'οστίδιων'- 'σφύρα', 'άκμωνας' και 'αναβολέας' (*malleus*, *anvil*, *stirrup*). Η 'σφύρα' είναι προσκωλλημένη στο 'τύμπανο' και ο 'αναβολέας' στο ελλειπσοειδές 'οβάλ παράθυρο' του 'έσω αυτιού'. Τα 3 λοιπόν, οστίδια λειτουργούν σα μοχλός και μεταφέρουν τη λαμβάνουσα διαταραχή ως μηχανικό πλέον ερέθισμα, σε μία δεύτερη μεμβράνη στο 'οβάλ παράθυρο' του 'έσω αυτιού'. Το 'μέσο' αυτί είναι μία κοιλότητα γεμάτη αέρα. Η πίεση εντός αυτής της κοιλότητας διατηρείται με λειτουργίες όπως η κατάποση, μέσω της ευσταχιακής σάλπιγγας (για αυτό και κάποια μόλυνση του ωτορινολαρυγγικού συστήματος ή υψομετρική αλλαγή, μπορεί να προκαλέσουν προσωρινή ελαφριά αίσθηση κώφωσης). Το οβάλ παράθυρο είναι συνδεδεμένο με κάποια ημικυκλικά σωληνάκια (*semicircular canals*), που σχετίζονται με την ισορροπία.

Στη συνέχεια, η διαταραχή μεταφέρεται στο 'έσω' αυτί και από εκεί στον κοχλία, έναν σπειροειδή σχηματισμό, μήκους περίπου 34 χιλιοστών, με ειδικούς αποδοχείς, υπό μορφή τριχιδίων, οι οποίοι συντονίζονται ανάλογα με τη/τις συχνότητα/-ες και μεταφέρουν την ανάλογη διαταραχή στον εγκέφαλο, μέσω του 'ακουστικού νεύρου', ως ηλεκτρικό πλέον ερέθισμα.

Όλα αυτά τα ερεθίσματα διαμορφώνουν μία ακαθόριστη σύνθεση ήχων, εκ της οποίας ο εγκέφαλος αναλαμβάνει να απομονώσει τρεις το μέγιστο και να δώσει την αντίστοιχη αντίληψη των χαρακτηριστικών του ήχου. Ο ήχος που στέλνει το κάθε αυτί είναι ελαφρώς διαφορετικός, και η συγκρισή τους βοηθάει, ώστε να γίνει αντιληπτή η απόσταση με τη μέθοδο του 'τριγωνισμού'¹, και γενικά να υπάρξει τρισδιάστατη αντίληψη των χαρακτηριστικών της ηχητικής πηγής (χροιά, ύψος κτλ), της θέσης της στο χώρο και την απόσταση από τον δέκτη.

Το ακουστικό εύρος της ανθρώπινης ακοής, όσον αφορά την ηχητική πίεση, είναι

¹ Δημιουργείται ένα νοητό τρίγωνο μεταξύ των δύο αυτιών και της ηχητικής πηγής.

από τα 20μPa έως 20 Pa (20.000.000 μPa), όπου αν τα μεταφράσουμε σε db, είναι ηχητική στάθμη 0db ('κατώφλι ακουστότητας'-'threshold of hearing') έως τα 120db ('όριο πόνου'-'threshold of pain')² .

Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι έχουν βρεθεί διαφορετικές τιμές για το 'όριο πόνου' στη σχετική παγκόσμια βιβλιογραφία, όπως φαίνεται παρακάτω:

- 120 db (20 Pa)

- 130 db (63 Pa)

- 134 db (100 Pa)

- 140 db (200 Pa)

Το εύρος της ανθρώπινης ακοής, όσον αφορά τη συχνότητα, κυμαίνεται στα 20Hz - 20kHz. Με την πάροδο του χρόνου η ακοή γίνεται λιγότερο ευαίσθητη στις υψηλές συχνότητες. Το αυτί γενικώς, είναι περισσότερο δεκτικό σε ήχους μεταξύ των 500 Hz και 4kHz. Σε αυτό το εύρος ανήκει και η ανθρώπινη ομιλία, η οποία όμως κυμαίνεται μεταξύ 500Hz και 2kHz. Κάτω των 20Hz , απαντάται το ευρος υποήχων και άνω των 20kHz , απαντάται το εύρος υπερήχων. Κάτω, λοιπόν, από το κατώτατο όριο του ακουστικού φάσματος, όπου υφίστανται οι υποήχοι, δεν έχουμε αίσθηση του τόνου, απλώς αντιλαμβανόμαστε αυτές τις συχνότητες σα βόμβο ή δόνηση ή απλά σαν αίσθηση.

Η ηχητική ένταση ενός ήχου, όπως αναφέρθηκε, μετριέται σε Ντεσιμπέλ (db). Επειδή το dB είναι μονάδα μέτρησης λογαριθμικής κλίμακας, για κάθε αύξηση της έντασης του ήχου κατά 3 dB, η ηχητική ενέργεια που δέχεται το αυτί είναι διπλάσια. Η έκθεση σε ήχους στάθμης έντασης άνω των 120 db, μπορεί να προκαλέσουν μερική έως και ολική απώλεια της ακοής (κώφωση), ενώ η παρατεταμένη έκθεση σε χαμηλότερες στάθμες, όπως 90-100 db, είναι εξίσου επικίνδυνη και μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα στην ακοή.

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται ενδεικτικά οι στάθμες ηχητικής έντασης κάποιων χαρακτηριστικών πηγών:

² Μέσω της σχέσεως $L_p = 20 \log_{10} (P_{\text{όριο πόνου}}/P_0)$

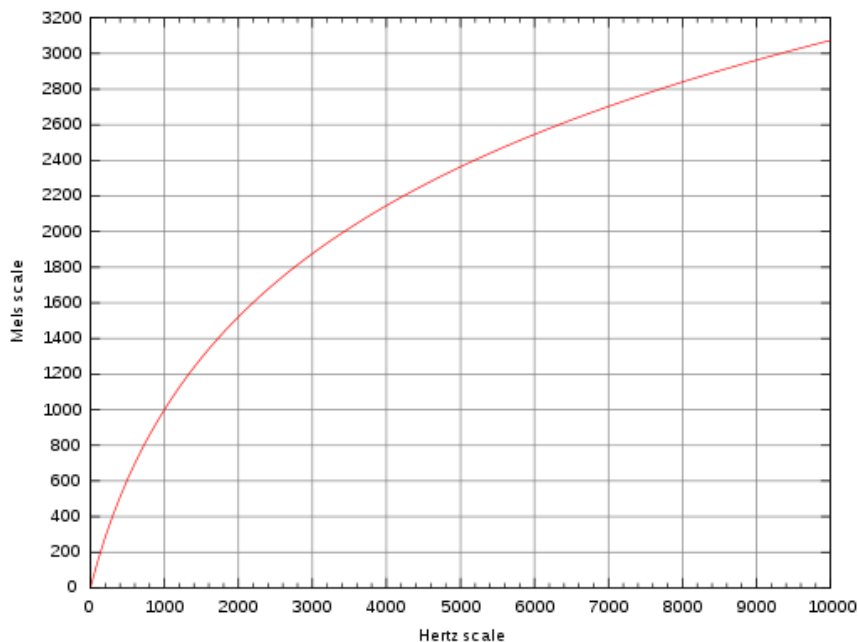
Ηχητικές πηγές	Στάθμη έντασης(dB)	Επίδραση
Κινητήρας αεροσκάφους (κοντά σε αυτό)	140	
Πολυβόλο Απογείωση αεροσκάφους (σε κοντινή απόσταση)	120	Όριο πόνου (threshold of pain)
Ηλεκτρικό πριόνι (μεγάλο χρονικό διάστημα) Συναυλία Βροντή	110 - 115	Μερική απώλεια ακοής
Μοτοσικλέτα	90	Εξαιρετικά ενοχλητικό
Βιομηχανικές περιοχές	85	Μερική κατάστροφή της ακοής (μετά από 8ωρη έκθεση)
Μέση κυκλοφοριακή κίνηση	80	Ενοχλητικό
Ηλεκτρική σκούπα	70	
Συζήτηση (σε φυσιολογική ένταση)	60	Άνετο
Κλιματιστικό	50	Άνετο
Ψίθυρος	30	Εξαιρετικά άνετο
Θρόισμα φύλων	10	Μόλις ακουστό
	0	‘κατώφλι ακουστότητας’ (threshold of hearing)

Πίνακας 1: Ηχητική στάθμη έντασης συνιθισμένων ηχητικών πηγών και η επίδραση της έντασης αυτής στον άνθρωπο.

1.6. Ψυχοφυσικές ιδιότητες του ήχου

1.6.1 Σχέση ύψους – συχνότητας

Το φυσικό μέγεθος της συχνότητας ενός ακουστού ήχου μας δίνει την υποκειμενική και ψυχολογική αντίληψη για την αίσθηση του ύψους του ήχου. Όταν αυξάνεται η συχνότητα ενός ήχου, το ύψος του γίνεται «οξύτερο», ενώ είναι «χαμηλότερο» όσο μειώνεται η συχνότητα. Η κλίμακα που σχετίζει τη συχνότητα με την ψυχοφυσική αντιστοίχιση του ύψους είναι η κλίμακα mels, σύμφωνα με το S.I. Καθορίστηκε με διάφορες ψυχοφυσικές μεθόδους. Για παράδειγμα, με τόνο αναφοράς και ισοδυναμία συχνότητας-mels στο 1kHz(1000 mels), ζητήθηκε από τους εξεταζόμενους να καθορίσουν τη συχνότητα ενός τόνου έτσι ώστε το ύψος του να ήταν διπλάσιο ή υποδιπλάσιο από το ύψος του τόνου αναφοράς, ή ζητήθηκε να καθορίσουν το ύψος ενός τόνου έτσι ώστε να ακούγεται στο μέσον του ύψους δύο άλλων τόνων αναφοράς. Οι μέθοδοι αυτοί βοήθησαν να καταρτιστεί ο πλήρης πίνακας για τη σχέση της φυσικής συχνότητας ενός τόνου και της αξίας του ύψους του στην κλίμακα των mels.



Γράφημα 1: Καμπύλη συχνότητας (Hz) συναρτήσεως του ύψους (mels) ενός τόνου.

Όταν διπλασιαστεί η συχνότητα ενός τόνου, το ύψος του τόνου ανεβαίνει κατά μία 'οκτάβα', ενώ όταν υποδιπλασιαστεί η συχνότητα ενός τόνου, τότε το ύψος του κατεβαίνει μία 'οκτάβα'. Η οκτάβα στη θεωρία της μουσικής έχει 6 υποδιαίρεσεις, οι οποίες υποδιαιρούνται και καταλήγουμε τελικά σε 12. Δηλαδή έχει 6 'τόνους' ή 12 'ημιτόνια'. Επομένως, με τη μαθηματική έκφραση της σχέσης ύψους – συχνότητας, έχουμε:

- όταν δίδεται η συχνότητα ενός τόνου (μίας νότας), για να βρεθεί η συχνότητα της αμέσως επόμενης σε διάστημα τόνου στην οκτάβα, πολλαπλασιάζεται με την έκτη ρίζα του 2 ,

$${}^6\sqrt{2} = 1,1224$$

, δηλαδή για δοσμένη νότα συχνότητας 1000Hz, ο επόμενος σε ύψος τόνος (το επόμενο ημιτόνιο) θα έχει συχνότητα

$$1000 \text{ Hz} * 1,1224 = 1122,4 \text{ Hz.}$$

- όταν δίδεται η συχνότητα ενός τόνου (μίας νότας), για να βρεθεί η συχνότητα της αμέσως επόμενης σε διάστημα ημιτονίου στην οκτάβα, πολλαπλασιάζεται με τη δωδέκατη ρίζα του 2 ,

$${}^{12}\sqrt{2} = 1,059$$

, δηλαδή το αμέσως επόμενο ημιτόνιο, από τη νότα συχνότητας 1000 Hz, θα έχει συχνότητα

$$1000 \text{ Hz} * 1,059 = 1059 \text{ Hz.}$$

1.6.2. Σχέση έντασης – ηχηρότητας

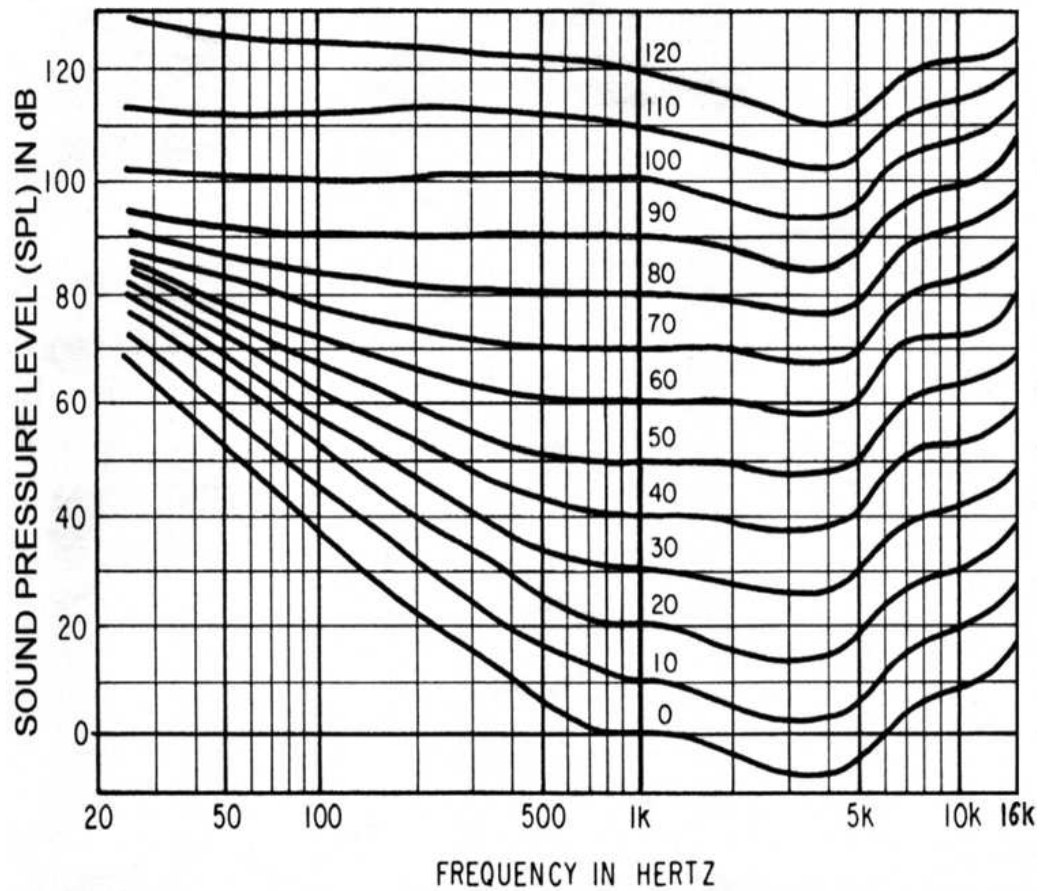
Το ελάχιστο 'ψυχοφυσικό' όριο ακουστότητας ή στάθμη 'ισοδύναμης ακουστότητας' στα 20Hz, είναι 75dB (A), όπως φαίνεται και στις 'καμπύλες ισοδύναμης ακουστότητας'(Phons). Επίσης, ενώ στο 1kHz αντιλαμβανόμαστε τον ήχο στην ίδια ηχητική ένταση, στις υπόλοιπες συχνότητες δεν υπάρχει ισοδυναμία, έτσι χρειάζεται περισσότερη ή λιγότερη ένταση για να γίνει αντιληπτός κάποιος ήχος τόσο ήχηρος όσο είναι η φυσική του ένταση. Αυτή τη σχέση 'έντασης – ηχηρότητας' απεικονίζουν οι 'καμπύλες ακουστότητας (ή ηχηρότητας)', γνωστές ως 'rhons'.

Phons

Όπως ξεκαθαρίστηκε παραπάνω, η ηχητική ένταση του ήχου είναι απόλυτα φυσικός όρος. Η ηχηρότητα όμως του ήχου, αφορά στην υποκειμενική και ψυχοφυσική αντίληψη του ακροατή.

Για τη συσχέτιση της ψυχοφυσικής ηχηρότητας με την πραγματική ένταση και συχνότητα του ήχου, πραγματοποιήθηκαν αρκετά πειράματα, με πρωτογενές αυτό των Fletcher και Munson, που πραγματοποιήθηκε στα εργαστήρια Bell και δημοσιεύθηκε το 1933³. Σύμφωνα με τους Fletcher και Munson, οι καμπύλες ισοδύναμης ακουστότητας, είναι ως εξής:

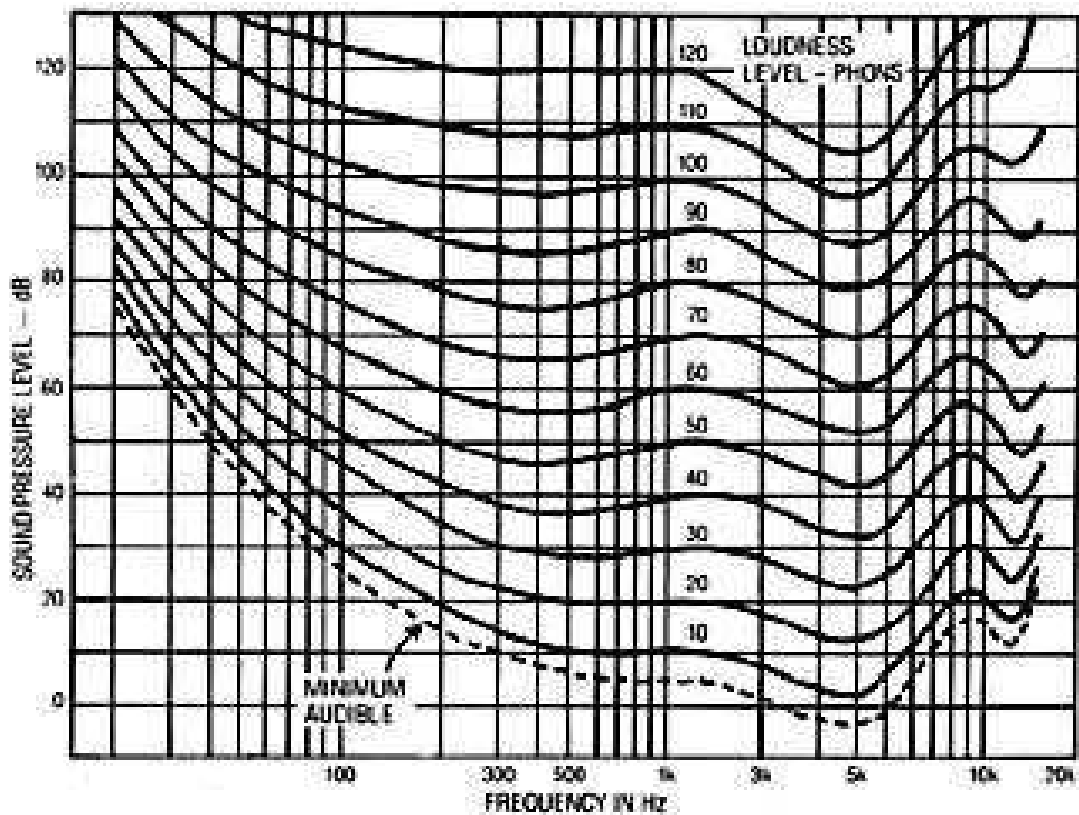
³ http://en.wikipedia.org/wiki/Fletcher%E2%80%93Munson_curves



Εικόνα 1. Οι καμπύλες ισοδύναμης ακουστότητας, όπως τις μέτρησαν οι Harvey Fletcher & Wilden A. Manson (1933). <http://www.sengpielaudio.com/Fletcher-MunsonIsNotRobinson-Dadson.pdf>

Έκτοτε έχουν προστεθεί κάποιες βελτιώσεις για να καταλήξουμε στις `καμπύλες ακουστότητας' των Robinson and Dadson⁴, όπου αποτελούν πλέον και το διεθνές πρότυπο (ISO 226).

⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Robinson%E2%80%93Dadson_curves



Εικόνα 2. Οι καμπύλες ισοδύναμης ακουστότητας, όπως κατέληξαν με τις βελτιώσεις των D.W. Robinson and R.S. Dadson (1956). <http://www.sengpielaudio.com/Fletcher-MunsonIsNotRobinson-Dadson.pdf>

Κάθε 'στάθμη ηχηρότητας' σε ρηον, ορίζεται από την αντίστοιχη τιμή που έχει το περίγραμμα, στη συχνότητα του 1KHz. Π.χ η 'στάθμη ηχηρότητας' του περιγράμματος που περνά από τη στάθμη πίεσης ήχου (στάθμη ηχητικής έντασης) των 60 db - στο 1KHz, ορίζεται ως '40 ρηον' (ή 'περίγραμμα 40 ρηον').

Οι καμπύλες αυτές μας δείχνουν ουσιαστικά ότι μόνο στη συχνότητα του 1 KHz, ακούμε με την ίδια ένταση με την οποία παράγεται πραγματικά ο ήχος (η φυσική ένταση του 1KHz συμπίπτει με την ένταση ηχηρότητας για το ανθρώπινο αυτί). Αυτό το φαινόμενο είναι καθαρά θέμα εξέλιξης του ανθρώπου από την πρωτογονική του φύση και ο λόγος ήταν ότι ο πρωτόγονος άνθρωπος έπρεπε να προστατεύεται από τους εχθρούς, με τη βοήθεια κάθε αίσθησής του, αλλά κυρίως της ακοής. Όπως ιστορικά αναφέρεται, ο πιο επικίνδυνος και ύπουλος εχθρός για τον άνθρωπο ήταν το φίδι. Το φίδι δεν είναι εύκολα ορατό, λόγω μεγέθους και ευλιγυσίας, ενώ κινείται σχεδόν αθόρυβα, εκπέμποντας μονάχα έναν ήχο, που μοιάζει με 'συριγμό' και συχνότητα είναι

περίπου στο 1kHz. Επομένως, ο μόνος τρόπος για να προστατευτεί ο άνθρωπος από την επίθεση ενός φιδιού ήταν να έχει πιο οξυδερκή ακοή στη συχνότητα του 1kHz.

Το ανθρώπινο λοιπόν αυτί, είναι λιγότερο ευαίσθητο στις συχνότητες άνω του 1kHz και πολύ λιγότερο ευαίσθητο στις συχνότητες κάτω του 1kHz. Αυτό φαίνεται καθαρά και στις καμπύλες ρηοης, όπου για τις χαμηλότερες συχνότητες, χρειάζεται επιπλέον στάθμη πίεσης ήχου για να ακουσθεί εξίσου ηχηρή και όσο χαμηλώνει η συχνότητα τόσο αυξάνεται ποσοτικά η επιπλέον ένταση που χρειαζόμαστε. Για τις συχνότητες άνω του 1kHz, έχουμε μία απότομη μείωση της έντασης που χρειάζεται από την πραγματική, για να ακουσθεί ισοδύναμα στο αυτί μας, ενώ από τα 5kHz άνω, η επιπλέον στάθμη αρχίζει να αυξάνεται, για να γίνει σχεδόν ισοδύναμη γύρω στα 8kHz και να διαφοροποιηθεί πάλι από τα 10kHz και άνω.

Αναλυτικά, για τις πολύ χαμηλές συχνότητες (20Hz-300Hz) χρειαζόμαστε επιπλέον ηχητική ένταση για να τις ακούσουμε ισοδύναμα με την πραγματική. Για τις μεσαίες συχνότητες (300Hz – 1kHz), χρειαζόμαστε ελάχιστη επιπλέον στάθμη, ενώ στο 1kHz ισοδυναμούν. Από το 1kHz - 5kHz, χρειαζόμαστε λιγότερη στάθμη για να ακούσουμε ισοδύναμα, ενώ από τα 5kHz κ άνω, απαιτείται πάλι επιπλέον στάθμη που όμως σχεδόν ισοδυναμεί με την πραγματική, έως τα 8 kHz.

Πρακτικά, οι καμπύλες αυτές υποδεικνύουν ότι το ανθρώπινο αυτί, σε μικρές ηχητικές στάθμες, είναι λιγότερο ευαίσθητο σε ήχους χαμηλής συχνότητας από ό,τι μεσαίων συχνότητων. Ενώ στις υψηλές συχνότητες οι διακυμάνσεις παρατηρούνται λιγότερο. Αυτό σημαίνει ότι σε ένα σύστημα αναπαραγωγής ήχου, παρόλο που το σύστημα έχει την ίδια απόκριση σε όλες τις εντάσεις, χρειάζεται διαφορετική ρύθμιση κατά την ακρόαση σε χαμηλή ένταση από ότι σε υψηλότερη, ώστε να ακούμε εμείς το ίδιο. Αυτό μπορεί να το παρατηρήσει ένας ηχολήπτης σε μία συναυλία, όπου θα αλλάξει τη ρύθμιση της μίξης των οργάνων στην κονσόλα του ήχου, αν αλλάξει την ένταση της κεντρικής εξόδου της κονσόλας.

Η αναστροφή αυτών των καμπυλών μας δίνει τη 'συχνοτική απόκριση' του αυτιού σαν συνάρτηση της 'στάθμης ηχηρότητας'. Σε αυτό βασίζεται και το φίλτρο A που χρησιμοποιείται συνήθως στα ηχόμετρα, για τη μέτρηση της ηχητικής στάθμης ενός ήχου, όπως το ανθρώπινο αυτί την αντιλαμβάνεται. Ουσιαστικά ένα ηχόμετρο σταθμισμένο με A φίλτρο (A-weighting), μετράει την πραγματική ηχητική στάθμη έντασης ενός ήχους και αφαιρεί ή προσθέτει τα db που απαιτούνται ούτως ώστε να δώσει ως τελική μέτρηση, την ηχητική στάθμη σε db(A), όπως την αντιλαμβάνεται δηλαδή το αυτί μας. Για αυτό και οι δείκτες ηχητικής στάθμης και τα επιτρεπόμενα όρια ηχητικής στάθμης έντασης, δίδονται σε db(A).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΥΠΟΗΧΟΙ ,ΠΗΓΕΣ ΥΠΟΗΧΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

2.1. Υπόηχοι

Υπόηχοι είναι κύματα ακουστικής ενέργειας, με συχνότητες κάτω των 20 Hz, δηλαδή κάτω από το 'όριο ακουστότητας'. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι μερικοί άνθρωποι είναι πιθανόν να έχουν ευρύτερη ακοή, με χαμηλότερο όριο τα 16 Hz. Οι υπόηχοι έχουν μεγάλα μήκη κύματος, της τάξεως των 17 m και άνω και είναι ικανοί να 'ταξιδέψουν' σε πολύ μεγάλες αποστάσεις και να διαπεράσουν αρκετά 'σκληρά' υλικά, χωρίς να έχουν ιδιαίτερες ενεργειακές απώλειες. Οι υπόηχοι, όπως αναφέρθηκε είναι κύματα, που ουσιαστικά προκαλούν μεταβολές της πίεσης του αέρα και η ένταση των υποήχων μετρείται σε 'ηχητική στάθμη πίεσης' (SPL), δοσμένη κυρίως σε decibel (db), στη λογαριθμική δηλαδή 'έκφραση' της τιμής πίεσης. Επιπλέον μονάδες μέτρησης για στάθμες ηχητικής πίεσης, μπορεί κανείς να βρει στην ιστοσελίδα του *Stanford University*:

http://ccrmawww.stanford.edu/~jos/r320/DB_SPL.html

Η αντίληψη των υποήχων και γενικότερα των χαμηλών συχνοτήτων, δηλαδή από το 1Hz – 100 Hz, είναι περισσότερο άισθητη παρά άκουσμα, ενώ σε υψηλά επίπεδα έντασης μπορούν να συντονίσουν κάποιες κοιλότητες και όργανα του σώματος.

Οι υπόηχοι είναι αρκετά συχνά εμφανιζόμενοι, γιατί μπορούν να παραχθούν από πληθώρα πηγών, φυσικές αλλά και ανθρωπογενείς. Οι έντονοι υπόηχοι συνήθως συνοδεύονται και από έντονους ήχους εντός του ακουστικού εύρους για τον άνθρωπο κι αυτό συμβαίνει κυρίως λόγω των πηγών και του τρόπου γένεσής τους. Τα διάφορα ακοοπροστατευτικά μέσα, δεν προσφέρουν επαρκή προστασία από τους υπόηχους, ενώ κάποια από αυτά (π.χ απλές ωτοασπίδες) μπορεί και να ενισχύσουν αυτές τις συχνότητες.

2.2. Φυσικές πηγές υποήχων

Υπόηχοι παράγονται στη φύση από θαλάσσια κύματα (υπόηχο <1 Hz), τσουνάμια, καταιγίδες, σεισμούς, ηφαίστεια, χιονοστιβάδες, ισχυρούς ανέμους (μέχρι τα 135 dB σε ταχύτητα ανέμου 100 km/h και μέχρι τα 110 dB σε ταχύτητα ανέμου 25 km/h), αλλαγές στην ατμοσφαιρική πίεση (< 1Hz at 100 dB) κτλ.

Όπως μας διδάσκει η επιστήμη, ο πυρήνας της δίνης ενός ανεμοστρόβιλου παράγει υποηχητικά κύματα. Όσο πιο μεγάλοι οι στροβιλισμοί, τόσο πιο χαμηλές είναι οι συχνότητες. Συχνό φαινόμενο αποτελεί και η ναυτία, που προκαλείται σε κάποιους ανθρώπους όταν βρίσκονται σε κάποιο πλωτό μέσο, που μπορεί να οφείλεται σε συντονισμό του στομαχιού με τα θαλάσσια υποηχητικά κύματα, σε συνδυασμό σαφώς με τους έντονους κραδασμούς του μέσου. Ειδικότερα σε φαινόμενο καταιγίδας στον ωκεανό, παρουσιάζεται μη γραμμική αλληλεπίδραση των κυμάτων, με αποτέλεσμα να παράγονται υπόηχοι συχνότητας 0,2 Hz (γνωστοί και ως 'φωνή της θάλασσας'). Το ίδιο συμβαίνει και με τους σεισμούς ή τα τσουνάμια.

Τα ζώα αντιλαμβάνονται όλα αυτά τα φαινόμενα με την ακοή τους, λόγω του ευρύτερου εύρους σε σχέση με την ανθρώπινη ακοή. Αυτός είναι και ο λόγος που παρατηρείται μια τρομερή ανησυχία και τάσεις φυγής ή και 'πανικού', πολύ πριν κάποιο φαινόμενο κάνει την αισθητή σε εμάς πλέον εμφάνισή του. Όπως έχει αναφερθεί, στο τσουνάμι του Ινδικού ωκεανού(Ινδονησία), το 2004, τα ζώα είχαν εκκενώσει την

περιοχή, αφού αντιλήφθηκαν τα ισχυρά υποηχητικά κύματα, πολύ πριν την εκδήλωση του φαινομένου. Υπάρχουν βεβαίως και άνθρωποι με ιδιαίτερα ευαίσθητη ακοή, που μπορεί να παρουσιάσουν κάποια ανησυχία ή ναυτία, λίγο πριν την εμφάνιση τέτοιων φαινομένων.

Τα υποηχητικά κύματα, μπορούν να διανύσουν τεράστιες αποστάσεις, αλλά και να εντοπιστούν από μεγάλες αποστάσεις, που θα μπορούσε να φτάνει και τα 160 χιλιόμετρα (km). Έτσι, μπορούν εύκολα να 'προβλεφθούν' όλα αυτά τα φυσικά φαινόμενα όπως είναι οι ανεμοστρόβιλοι ή οι σεισμοί από ειδικά όργανα μέτρησης (βαρόμετρα) σε ειδικά εργαστήρια, ούτως ώστε να αντιμετωπιστούν ή να αποφευχθούν όσο το δυνατόν, οι καταστροφικές συνέπειες.

Ειδικά μικροβαρόμετρα καταγράφουν την ένταση των σεισμών (θαλάσσιων ή υπαίθριων) , σε σεισμολογικά εργαστήρια. Τα μικροβαρόμετρα είναι ικανά να ανιχνεύουν διακυμάνσεις τις πίεσης του αέρα, από mPa έως hPa και συχνότητές από 0.002 – 20 Hz. Τα στοιχεία λήψης του υποηχητικού σήματος πρέπει να είναι αρκετά μεγάλα, λόγω του μεγάλου λ των κυμάτων και τα βαρόμετρα να καλύπτουν τεράστιες περιοχές έκτασης σε παρατάξεις, ώστε να μπορούν να ανιχνεύουν χαρακτηριστικά για την κατεύθυνση της πηγής του κύματος αλλά και της ταχύτητας. Για παράδειγμα, στο Σεισμολογικό Εργαστήριο της Ολλανδίας (Seismology Division of the KNMI), έχουν τοποθετήσει 4 παρατάξεις βαρομέτρων-όπου η καθεμία αποτελείται από 6 έως και 16 βαρόμετρα –σε μία απόσταση 75 έως 1500 μέτρων.

Παρόμοια γεγονότα συμβαίνουν και με τις ηφαιστειακές εκρήξεις. Η πρώτη καταγεγραμμένη παρατήρηση φυσικών υποήχων σημειώθηκε μετά την ηφαιστειακή έκρηξη στο νησί Κρακατόα (Krakatau), το 1883, και ήταν ένας από τους βασικούς λόγους που έστρεψαν την επιστήμη στη συνεχή μελέτη των φυσικά παραγόμενων υποήχων και τις αντίστοιχες επιπτώσεις αυτών στο περιβάλλον και τον άνθρωπο. Με αυτήν την έκρηξη παρατηρήθηκε ολική καταστροφή του τοπίου στο επίκεντρο αυτής, αλλά και πολύ πιο μακριά από αυτό, όπου προκλήθηκαν τεράστιες ζημιές από την ισχυρή δόνηση, αφού λέγεται ότι τα υποηχητικά κύματα που δημιουργήθηκαν περιέτρεξαν τη Γη πάνω από εφτά φορές! Το φαινόμενο αυτό διήρκεσε αρκετή ώρα μετά το τέλος της έκρηξης και οι δονήσεις καταγράφηκαν από ειδικά βαρόμετρα παγκοσμίως.

Το πιο πρόσφατο φαινόμενο είναι ο υποθαλάσσιος σεισμός της 11^{ης} Μαρτίου 2011, στο νησί *Sandai* της Ιαπωνίας, εντάσεως 8,9 ρίχτερ, όπου αποτελεί και τον ισχυρότερο σεισμό τα τελευταία 140 χρόνια. Το τσουνάμι που προκλήθηκε διήρκεσε για 24ωρα και παρέσυρε στο πέρασμά του εκατοντάδες ανθρώπινες ζωές και υλικές σαφώς καταστροφές. Σημαντικές ήταν οι προκλήσεις εκρήξεων σε πυρηνικά εργοστάσια και η προφανής γέννηση φόβου για διαρροή πυρηνικής ενέργειας, ενώ σοβαρότερες επιπλοκές έχουμε σε ολόκληρο τον πλανήτη. Οι σεισμογονικές πλάκες μετακινήθηκαν με αποτέλεσμα να ενεργοποιηθούν ώριμα ρήγματα, πράγμα που θα επιφέρει αύξηση των σεισμών σε ολόκληρο τον πλανήτη, ενώ είχαμε και μετατόπιση νησιών [κατά 2 μέτρα] όπως και μετατόπιση του άξονα της γης.

2.3. Ανθρωπογενείς/Τεχνητές πηγές υποήχων

Εκτός από τις φυσικές πηγές, υπάρχουν και οι ανθρωπογενείς πηγές υποήχων. Τέτοιες πηγές μπορεί να είναι διαφόρων ειδών όπως οχήματα οδικής κυκλοφορίας (μοτοσικλές, φορτηγά κτλ), μηχανές αλλά και κάποιοι εκρηκτικοί μηχανισμοί που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία και την πολεοδομία (ανέγερση κτιρίων, αναδόμηση δρόμων κτλ), οχήματα εναέριας κυκλοφορίας (ελικόπτερα, αεροπλάνα κτλ), αλλά και εξοπλισμός που χρησιμοποιείται σε ιδιωτικούς χώρους κατοικίας, όπως τα πλυντήρια (για παράδειγμα ένα πλυντήριο κατά το στροβιλισμό του κάδου, μπορεί να παράγει υπόηχο σε στάθμη έντασης που φτάνει και τα 80 db), τα κλιματιστικά, οι ηλεκτρικές σκούπες, τα μοτέρ που βρίσκονται στα κλιμακοστάσια κτλ.

Πιο συγκεκριμένα, οι οδηγοί και οι επιβάτες που βρίσκονται σε μία μοτοσικλέτα κατά την κυκλοφορία της, εκτίθενται σε υποηχητικά κύματα ηχητικής στάθμης έντασης έως και 120 db! Σε ελικόπτερα ή άλλα αεροσκάφη, όπως και σε υποβρύχια, τα υποηχητικά κύματα στα οποία εκτίθενται οι επιβάτες κυμαίνονται μπορεί να φτάσουν και την ένταση των 145 db. Οι διάφορες μηχανές που χρησιμοποιούνται σε εργοστάσια εκπέμπουν υπόηχους συχνότητας 10-20 Hz σε ηχητικές στάθμες που μπορεί να φτάσουν τα 110 db, ενώ κάποιες από αυτές (όπως πχ ένα τρυπάνι που χρησιμοποιείται για το σπάσιμο της πέτρας σε ορυχεία) μπορεί να φτάσουν τα 127 db! Στις καμπίνες των οδηγών αυτοκινήτων ή άλλων μεσών [τρένων, αεροσκαφών κτλ], η εκπομπή υποηχητικών κυμάτων κυμαίνεται σε επίπεδα στάθμης έντασης 90-110 db, ενώ για παράδειγμα σε απόσταση 20 m, από έναν σιδηρόδρομο, η ηχητική στάθμη έντασης των υποηχητικών κυμάτων που παράγονται κατά τη λειτουργία του τρένου, μπορεί να φτάσει τα 85 – 100 db. Για αυτό και η έκπομπή υποηχητικών κυμάτων και η έκθεση ουσιαστικά σε επικίνδυνα ηχητικά επίπεδα αυτών, δεν αφορά μόνο τα άμεσα εκτιθέμενα άτομα (οδηγοί, εργαζόμενοι κτλ), αλλά και τα άτομα που ζούν κοντά σε περιοχές όπου υπάρχουν τέτοιες πηγές υποήχων (κοντά σε αυτοκινητόδρομους, σιδηροδρομικούς σταθμούς, αεροδρόμια, βιομηχανικές περιοχές κτλ).

Πολύ σημαντικό γεγονός είναι και η εκμετάλευση των καταστροφικών συνεπειών των υποηχητικών κυμάτων και στην οπλοποιία. Δυνάμεις της Αντάντ κατά τον Α΄ Παγκόσμιο πόλεμο, χρησιμοποίησαν υπόηχους για τον εντοπισμό του εχθρικού πυροβολικού. Με τη χρησιμοποίηση ειδικών μικροφώνων, που ήταν ευαίσθητα μόνο σε χαμηλές συχνότητες, μπορούσαν να διαχωρίσουν τον ήχο της πυροδότησης του βλήματος από τον υπερηχητικό ήχο που παραγόταν καθώς το βλήμα έσπαζε το φράχτη. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα τον ακριβή εντοπισμό της θέσης του εχθρικού πυροβολικού. Ο πρωτοπόρος αναφερθείς ερευνητής υποηχητικών κυμάτων, στον οποίο ανατέθηκε και το έργο κατασκευής υποηχητικών όπλων, ήταν ο ΓαλλοΡώσος Φυσικός Βλαντιμίρ Γαβρώ (Vladimir Gavreau). Η έρευνά του στην 'υποηχητική οπλοποιία' ξεκίνησε το 1960, όταν κλήθηκε από τον Γαλλικό στρατό, να δημιουργήσει ένα ισχυρό και καταστροφικό όπλο, το οποίο ουσιαστικά θα παρήγαγε υπόηχους. Έγιναν πολλές δοκιμές στο εργαστήριο, έως ότου κατασκευασθεί το κατάλληλο σε μέγεθος και σχεδιασμό υποηχητικό όπλο. Έρευνες που έχουν γίνει για το συγκεκριμένο πείραμα του

Γαβρώ, αναφέρουν ότι κατά τη διάρκεια των δοκιμών για την κατασκευή του όπλου στο εργαστήριο, παρατηρήθηκαν τρομερά αρνητικές επιπτώσεις στους συμμετέχοντες, όπως πόνο στα τύμπανα των αυτιών, δυσφορία, ναυτία κτλ. Ειδικότερα σε μία δοκιμή του όπλου, κατόπιν κατασκευής του, αναφέρεται ότι όλοι αρρώστησαν βαριά, ενώ ένας από την ομάδα έπαθε ολική ρίξη των οργάνων της στομαχικής κοιλότητας, με αποτέλεσμα να χάσει τη ζωή του. *"Ευτυχώς καταφέραμε να κλείσουμε το όπλο άμεσα. Όλοι μας είμασταν άρρωστοι για ώρες. Όλα μας τα όργανα στομαχικής και θωρακικής κοιλότητας επηρεάστηκαν: στομάχι, καρδιά, πνεύμονες. Και οι άνθρωποι που βρίσκονταν στα διπλανά εργαστήρια ήταν το ίδιο άρρωστοι και πολύ εκνευρισμένοι με εμάς."*

Ωστόσο, το πρώτο γνωστό υποηχητικό όπλο που αναφέρεται να έχει επίσημα χρησιμοποιηθεί, προάχθηκε από το Γερμανικό στρατό, κατά τη διάρκεια του Δευτέρου Παγκοσμίου Πολέμου (1937-1945). Το όπλο αυτό, σύμφωνα με τις πηγές, ονομαζόταν 'Luftkanon' ή 'Wirbelwind Kanonew' και είχε κατασκευασθεί για να καταρρίψει τα εχθρικά αεροσκάφη, παράγοντας μία ηχητική δίνη.

Παρόλα αυτά η 'υποηχητική οπλοποιία' δεν εξελίχθηκε ένεκα του μεγάλου κόστους του εξοπλισμού παραγωγής υποήχων ικανοποιητικής έντασης, αλλά και λόγω της αδυναμίας ακριβούς εστίασης και κατευθυντικότητας αυτών.

2.4. Ζώα και υπόηχοι

Στην εισαγωγή αναφέρεται ότι τα ζώα χρησιμοποιούν υπόηχους για διαφορούς σκοπούς. Συγκεκριμένα, τα θαλάσσια θηλαστικά χρησιμοποιούν υπόηχους συχνότητας 15 Hz, για να επικοινωνήσουν μεταξύ τους ακόμη και όταν βρίσκονται σε αρκετά μίλια απόστασης, αλλά και για να αμυνθούν ή να επιτεθούν. Έχει αναφερθεί μάλιστα, από κτηνίατρο, ότι δεν μπόρεσε να πλησιάσει μια μικρή φάλαινα που έπρεπε να εξετάσει, ένεκα του υποηχητικού κύματος που εξέπεμψε εναντίον του. Με τη μόλυνση βέβαια των θαλάσσιων υδάτων αυτό το 'κάνάλι επικοινωνίας' μπλοκάρεται, πράγμα που συμβάλλει στη μείωση του πληθυσμού των θαλάσσιων θηλαστικών-ιδιαιτέρως των φαλαινών-τον τελευταίο αιώνα. Οι ελέφαντες παράγουν υπόηχους με την προβοσκίδα τους και τη ρινική κοιλότητα, οι οποίοι διαδίδονται μέσω του εδάφους και γίνονται αντιληπτοί μέσω των ποδιών, από άλλους ελέφαντες, που βρίσκονται σε τεράστια απόσταση.

Τα αποδημητικά πουλιά καθορίζουν την πορεία που θα έχουν κατά την αποδημία τους, 'ανταλάσσοντας' υπόηχους μεταξύ τους, ενώ τα σαρκοφάγα αρπακτικά ζώα, όπως οι τίγρεις ή οι αντιλόπες, χρησιμοποιούν τους υπόηχους για να ακινητοποιήσουν τη λεία τους.

2.5. Επιδράσεις στον άνθρωπο

Παρά το γεγονός ότι οι υπόηχοι δεν είναι 'ακουστικώς' αντιληπτοί από τον άνθρωπο, είναι ιδιαίτερα ενοχλητικοί έως και βλαβεροί για τον οργανισμό του. Π.χ όταν φυσάει δυνατός άνεμος, συμβαίνουν τρομερές μεταβολές πίεσης του αέρα, πράγμα που

ο άνθρωπος δεν αντιλαμβάνεται με την ακοή, μπορεί όμως να νιώσει ισχυρό πονοκέφαλο και αδιαθεσία. Άλλο παράδειγμα είναι και η ναυτία που προκαλείται όταν κάποιος βρίσκεται σε ένα πλωτό μέσο και η οποία οφείλεται στην αρνητική επίδραση των θαλάσσιων υποηχητικών κυμάτων, κατά πάσα πιθανότητα και της μηχανής του μέσου, η οποία μπορεί να παράγει υπόηχους κατά τη λειτουργία της.

Κυρίως οι συχνότητες από 7-20Hz, όταν εκπέμπονται σε μεγάλες ηχητικές εντάσεις μπορούν να επιδράσουν άμεσα στο κεντρικό νευρικό σύστημα του ανθρώπινου οργανισμού, προκαλώντας αποπροσανατολισμό, μειωμένη αντίληψη του χώρου, έντονη ανησυχία, μειωμένη διαύγεια σκέψης, ζάλη, ίσως και δυσκολία στην άρθρωση.

Πιο συγκεκριμένα, η συχνότητα των 7-8Hz, γνωστή και ως 'brown note' ή 'brain alpha wave', είναι η πιο επικίνδυνη αφού αποτελεί τη συχνότητα συντονισμού του ηλεκτρικού εγκεφαλικού κύματος 'άλφα'(alpha)⁵, αλλά και των περισσότερων οργάνων στην κοιλιακή και θωρακική κοιλότητα του ανθρώπινου σώματος. Έκθεση, λοιπόν, σε αυτήν τη συχνότητα μπορεί να προκαλέσει και άλλα συμπτώματα εκτός των παραπάνω, όπως πόνος στο στήθος, δύσπνοια, ρίγη, στομαχικές διαταραχές, ναυτία, πανικό έως και λιποθυμία, ενώ με μια εκτεταμένη σε αυτήν έκθεση μπορεί ένας άνθρωπος να καταλήξει σε κώμα.

Παρόμοια συμπτώματα απαντώνται και στο υπόλοιπο του εύρους υποήχων, δηλ. στα 10Hz-20Hz, με χαρακτηριστικό παράδειγμά, αυτών της συχνότητας των 19Hz. Όπως γνωρίζουμε, η συχνότητα αυτή αποτελεί τη συχνότητα συντονισμού του ανθρώπινου ματιού. Έτσι, η έκθεση σε αυτήν, μπορεί να προκαλέσει μειωμένη ευκρίνεια όρασης, καθώς και οφθαλμαπάτες.

2.6. Θεραπευτικές ιδιότητες των υποήχων

Βέβαια, υπάρχει και η θετική πλευρά της 'ύπαρξης' των υποηχητικών κυμάτων και έχει να κάνει με τις θεραπευτικές τους ιδιότητες. Παρακάτω δίδονται μερικά παραδείγματα εφαρμογής στην ιατρική (χρησιμοποιούνται οι όροι στην Αγγλική γλώσσα):

- '*Infrasound pneumomassage*' στα 4 Hz, καθημερινά για 10 λεπτά για 10 ημέρες, σταθεροποιεί την ανάπτυξη της μυωπίας, σε μικρές ηλικίες.

- '*Infrasound phonopheresis*', σε ασθενείς που πάσχουν από βακτηριακή κερατίτιδα, προσφέρει παρόμοια αποτελέσματα με αυτά των αντιβακτηριακών φαρμάκων.

- '*Thermovibration massage*', στα 10 Hz ως συμπληρωματική θεραπεία για ασθενείς με χρόνια φλόγωση χολυδόχου κύστης.

⁵ Τα εγκεφαλικά κύματα 'άλφα' (alpha), απαντώνται στην κατάσταση όπου ο άνθρωπος εγκέφαλος είναι ξύπνιος, ενώ τα εγκεφαλικά κύματα 'βήτα' (vita) απαντώνται στην κατάσταση ύπνου.

Έως τώρα, έχουν τεθεί στην αγορά δύο θεραπευτικές συσκευές :

- Η συσκευή *'Infratronic QGM Quantum'*, που δημιουργήθηκε από Κινέζους επιστήμονες στο Beijing στην Κίνα, που χρησιμοποιείται για αναζωογόνηση, χαλάρωση ψυχοσωματική, μασάζ και άλλες παρεμφερείς θεραπείες. Λειτουργεί στα 8 έως 14 Hz, με στάθμη έντασης 70 dB.

- Η συσκευή *'Nostrafon Infrasound Wave Massager'* για θεραπευτικό μασάζ, που χρησιμοποιείται ευρέως από αθλητές.

2.7. Ερευνητές και Πειράματα

Οι πρώτες καταγεγραμμένες έρευνες, ξεκίνησαν το 1957, από τον Γαλλορώσο ερευνητή και ψυχίατρο Vladimir Gavreau, που αναφέρθηκε παραπάνω. Ο V.Gavreau αρχικά κλήθηκε να ασχοληθεί με ένα είδος 'ασθένειας'-γνωστή μέχρι τότε ως 'Ασθένεια των κτιρίων'- που είχε παρατηρηθεί στους εργαζόμενους ενός εργαστηρίου, στη Μασσαλία (Marseilles). Οι άνθρωποι αυτοί αρρώσταιναν μισηριωδώς ενώ και ο ίδιος ο Gavreau παρουσίαζε πόνο στα τύμπανα των αυτιών του όποτε βρισκόταν στο συγκεκριμένο εργαστήριο, χωρίς όμως να ακούγεται ή να ανιχνεύεται κάποιος ήχος από μικρόφωνα.Επίσης, πολλές φορές είχε παρατηρήσει τον εξοπλισμό του εργαστηρίου να δονείται.Μετά από έρευνα και πειραματισμό, διαπίστωσε ότι όλα αυτά προκαλούνταν από υπόηχους, που παράγονταν από τους ανεμιστήρες του κλιματισμού, εντός του εργαστηρίου. Αργότερα κλήθηκε να ασχοληθεί με την κατασκευή υποηχητικών όπλων, για λογαριασμό του Γαλλικού στρατού, όπως αναφέρεται παραπάνω.

Σύμφωνα με έναν δεύτερο ερευνητή και λέκτορα του Πανεπιστημίου του Κόβεντρι, τον Vic Tandy, οι υπόηχοι συχνότητας γύρω στα 19Hz, είναι υπεύθυνοι για φαινόμενα θάσης φαντασμάτων, που έχουν αναφερθεί.Όλα ξεκίνησαν ένα βράδυ που ο Τάντυ δούλευε σε ένα εργαστήριο στο Γουόργουικ (Warwick), το οποίο είχε χαρακτηριστεί στοιχειωμένο από αρκετούς ανθρώπους που εργάζονταν εκεί (συγκεκριμένα μία καθαρίστρια είχε αναφέρει ότι είχε δει μία γκριζα σκιά την ώρα που καθάριζε το εργαστήριο). Κάποια στιγμή ενώ ήταν μόνος, άρχισε να νιώθει μία έντονη ανησυχία και ότι κάποιος τον παρακολουθεί. Έτσι, με την άκρη του ματιού του είδε μία γκρι μορφή να έρχεται καταπάνω του.Όταν όμως γύρισε να την αντικρίσει, δεν υπήρχε απολύτως τίποτα.

Την επόμενη μέρα, μετέφερε στο εργαστήριο το ξίφος ξιφασκίας του για επισκευή. Μόλις το στερέωσε στη λαβή, στη μεγγένη του πάγκου εργασίας, παρατήρησε ότι η λεπίδα άρχισε να ταλαντώνεται έντονα, χωρίς κάτι να έρχεται σε επαφή με αυτήν.

Μετά από εκτεταμένη έρευνα, κατέληξε στο ότι η εικόνα του γκριζου φαντάσματος που είδε οφείλονταν σε έναν υπόηχο συχνότητας 18.98Hz, τον οποίο παρήγαγε ο ανεμιστήρας του αεραγωγού, που υπήρχε στο ταβάνι.Και αυτό συνέβη διότι η συχνότητα αυτή είναι πολύ κοντά στην ιδιοσυχνότητα του ανθρώπινου ματιού, οπότε καθώς το μάτι συντονιζόταν με τον υπόηχο αυτό, προκαλούνταν μία οφθαλμαπάτη. Το δωμάτιο αυτό είχε μήκος ίσο με το μισό μήκος κύματος του συγκεκριμένου υπόηχου, με

αποτέλεσμα τη δημιουργία στάσιμου κύματος το οποίο προκαλούσε την ταλάντωση της λεπίδας του ξιφους, στο σημείο όπου ήταν στερεωμένο. Με τη διακοπή τη λειτουργίας του ανεμιστήρα, σταμάτησαν και τα δύο αυτά φαινόμενα.

Ο Tandy ασχολήθηκε και με άλλα παρόμοια φαινόμενα, όπως το κάστρο του Εδιμβούργου (Edinburgh Castle) ή το Γραφείο Πληροφόρησης Τουριστών (Tourist Information Bureau), δίπλα στον Καθεδρικό ναό του Κόβεντρι, ενώ μαζί με τον ψυχολόγο Τονι Λόρενς έγραψε τη μελέτη *Το Φάντασμα στη Μηχανή* (The Ghost in the Machine).

Όπως έχει αναφερθεί, οι υπόηχοι μπορούν να προκαλέσουν αισθήματα φόβου ή έντονης λύπης, ενώ για κάποιους μπορεί να σημαίνει ότι συμβαίνει κάτι ακαθόριστο και υπερφυσικό γύρω τους. Στα πλαίσια της έρευνας αυτής, μία ομάδα Βρετανών ερευνητών πραγματοποίησε ένα πείραμα στις 31 Μαΐου 2003, όπου κλήθηκαν περίπου 700 άνθρωποι να περιγράψουν τα συναισθήματά τους κατά τη διάρκεια ακρόασης μουσικής. Κάποιοι εκ των ήχων αυτών, συνοδεύονταν από υποηχητικά κύματα συχνότητας 17Hz, που παράγονταν από ένα subwoofer ηχείο που βρισκόταν στα δύο τρίτα (2/3) της απόστασης από το άκρο ενός επτάμετρου (7μ.) πλαστικού σωλήνα, πράγμα για το οποίο φυσικά δεν ήταν ενημερωμένοι οι μετέχοντες στο πείραμα. Το *Υποηχητικό* αυτό κονσέρτο όπως ονομάστηκε, πραγματοποιήθηκε στην αίθουσα συναυλιών *Purcell Room* και αποτελούνταν από 4 μουσικά μέρη. Στην πρώτη ακρόαση, τα υποηχητικά κύματα συνόδευαν τα δύο από τα τέσσερα μέρη, ενώ στη δεύτερη, τα άλλα δύο, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να μην εξαρτάται από συγκεκριμένο μουσικό μέρος.

Όπως διαπιστώθηκε, το 22% των συμμετεχόντων περιέγραψε αισθήματα άγχους, ανησυχίας, φόβου, νευρικότητας και ρίγους ή βάρους στο στήθος, κατά τη διάρκεια της ακρόασης των μουσικών κομματιών που συνοδεύονταν από τους υπόηχους. Έτσι, το επίσημο συμπέρασμα των επιστημόνων που οργάνωσαν και ανέλυσαν το πείραμα, ήταν ότι τα υποηχητικά κύματα μπορούν να προκαλέσουν τέτοιου είδους ασυνήθιστα συναισθήματα στον άνθρωπο, χωρίς ο τελευταίος να γνωρίζει ή να αντιλαμβάνεται την ύπαρξή τους. Συμπέρασμα της ίδιας έρευνας είναι και το ότι οι υπόηχοι μπορεί να είναι υπεύθυνοι για περίεργα φαινόμενα που παρουσιάζονται σε μέρη, που κατά τον κόσμο, θεωρούνται στοιχειωμένα.

Αυτό βέβαια έχει ως αποτέλεσμα την εκούσια χρησιμοποίηση υποηχητικών κυμάτων ακόμη και στη μουσική και τον κινηματογράφο, με σκοπό την πρόκληση τέτοιων συναισθημάτων, στους ακροατές και θεατές αντιστοίχως. Το γνωστότερο παράδειγμα είναι η ταινία «*Μη αναστρέψιμος*» του 2002. Για τον ίδιο σκοπό, υπόηχους χρησιμοποιεί και ο μουσικός Μπράιαν "Lustmord" Ουίλιαμς.

Πειράματα σε ζώα

Εκτός από τις έρευνες και τα πειράματα που έχουν γίνει σε σχέση με τις βλαβερές επιπτώσεις που μπορεί να επιφέρει στον ανθρώπινο οργανισμό η έκθεση σε υπόηχους,

αρκετές έρευνες και πειράματα έχουν γίνει σε ειδικά εργαστήρια, σε ζώα. Παρακάτω αναφέρονται κάποια παραδείγματα τέτοιων πειραμάτων, βασιζόμενα σε έρευνες δημοσιευμένες στην Αγγλική γλώσσα.

A) Μικρής διάρκειας έκθεση σε υπόηχους

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι γενικά, η έκθεση των ζώων σε υπόηχους, για μικρό χρονικό διάστημα, από λίγα λεπτά έως 4 ώρες, και ηχητική στάθμη άνω των 100 db, προκαλεί προσωρινές διαταραχές στη συμπεριφορά, στη χημική σύσταση του εγκεφάλου και μεταβολές στα αγγεία. Η έκθεση σε μεγαλύτερη ηχητική στάθμη προκαλεί καταστροφή του κοχλίου και άλλες μορφολογικές βλάβες στο μηχανισμό του αυτιού.

Τα ποντίκια που εκτέθησαν, για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, σε υπόηχους ηχητικής στάθμης :

- 120 db, παρουσίασαν αλλαγές στη συγκέντρωση ακετυλοχολίνης, ακετυλοχολινεστεράση, αυξήσεις στη γλουταμινική ουσία του εγκεφάλου, και μειώσεις στην ντοπαμίνη και την νορεπινεφρίνη. Επίσης, δυσκολία στην ομαλή κυκλοφορία του αίματος και αύξηση στη διαπερατότητα των ιστών.

- 100 db, παρατηρήθηκε μειωμένη αντοχή, μειωμένα αντανακλαστικά, και αίσθηση υπνηλίας.

Τα ινδικά χοιρίδια, που εκτέθησαν σε υπόηχο 20 Hz

- στα 133 db έως τα 140 db, για 1 ώρα, δεν παρουσίασαν καμία επιρροή στον κοχλίο και γενικά στο μηχανισμό του αυτιού

Ενώ

- στα 163 dB, για 1 ώρα, παρουσίασαν καταστροφή των τριχιδίων του κοχλίου.

B) Μεγαλύτερης διάρκειας έκθεση σε υπόηχους

Οι έρευνες έδειξαν ότι γενικά, η έκθεση των ζώων σε υπόηχους, για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (έως 4 μήνες) και ηχητική στάθμη από 100 db έως 145 db, μπορεί να προκαλέσει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις σε μορφολογία και χημεία του καρδιαγγειακού και νευρολογικού συστήματος, καθώς και σε άλλα όργανα όπως είναι τα αυτιά και το συκώτι.

Οι αρουραίοι που εξέθησαν:

- στα 8 Hz με ηχητική στάθμη 120 db, για χρονικό διάστημα μέχρι 45 ημέρες, παρουσίασαν εμφράγματα και γενικώς διαταραχές στην κυκλοφορία του αίματος.

- στα 10-15 Hz, με ηχητική στάθμη 135-145 db, για χρονικό διάστημα μέχρι 45 ημέρες παρουσίασαν αρτηριακή σθένωση και καταστροφή του μιτοχονδρίου.

- στα 8-16Hz, με ηχητική στάθμη 120-140db, για χρονικό διάστημα έως 40 ημέρες, παρουσίασαν μείωση της οξειδωσης στο μυοκάρδιο, διαταραχές στην κυκλοφορία του αίματος, ακόμη και μικροαλλαγές στο RNA και το DNA.

- στα 8 Hz, με ηχητική στάθμη 115-135db, για χρονικό διάστημα 4 μηνών, παρουσίασαν μορφολογικές αλλαγές στην μυοκαρδιακή υπερδομή, σημαντικές μειώσεις σε τριφωσφορική (ATP) - διφωσφορική (ADP) και μονοσφωρική (AMP) αδενοσίνη, όπως επίσης και σημαντικές αυξήσεις της ακετογλουταρικής αφυδρογονάσης και του πλάσματος κορτικοστερόνης.

- στα 8 Hz, με ηχητική στάθμη 100db, για χρονικό διάστημα 60 ημερών, παρουσίασαν βιοχημικές και μορφολογικές αλλαγές στο καρδιαγγειακό σύστημα και τους ιστούς των πνευμόνων, του συκωτιού, των νεφρών και της καρδιάς.

Όσον αφορά στα ινδικά χοιρίδια:

-έκθεση σε 4 Hz στα 110 dB για 40 ημέρες, προκάλεσε βλάβη στην τυμπανικής μεμβράνης.

- έκθεση σε 8 ή 16 Hz στα 90 - 120 dB για χρονικό διάστημα έως 25 ημέρες παρουσιάστηκαν μορφολογικές αλλαγές στους υποδοχείς και τα τριχίδια του έσω αυτιού.

Παρατηρούμε ότι από τις τρεις μεταβλητές: συχνότητα, στάθμη έντασης, χρονική διάρκεια, σημαντικότερη αποτελεί η χρονική διάρκεια και στη συνέχεια η στάθμη έντασης και η συχνότητα. Επίσης, σημειώνεται ότι στις λιγότερο σημαντικές και καταστροφικές περιπτώσεις, παρατηρήθηκε 'ανάπλαση', μερικές ημέρες μετά τη διακοπή της έκθεσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 **ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΘΟΡΥΒΟΣ (ΟΧΛΗΣΗ)**

3.1. Περιβαλλοντικοί όροι

Ο άνθρωπος ζει και κινείται μέσα σε ένα *περιβάλλον*. Με την έννοια *περιβάλλον* χαρακτηρίζονται όλοι οι φυσικοί και ανθρωπογενείς παράγοντες, όπου στο σύνολό τους αλληλεπιδρούν και επηρεάζουν την οικολογική ισορροπία, την υγεία και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων. Επομένως, το περιβάλλον δεν αποτελείται μόνο από τα φυσικά τοπία, τις θάλασσες κτλ αλλά και τους χώρους μέσα στους οποίους ζει και δραστηριοποιείται ο άνθρωπος (χώροι εργασίας, εκπαίδευσης, κατοικίας κτλ).

Με την *υποβάθμιση* του περιβάλλοντος από τη *ρύπανση* και τις *οχλήσεις*, υποβαθμίζονται και τα παραπάνω. Αυτό ώθησε κάθε κράτος στο να θεσπίσει νόμους με τους οποίους θα ελέγχονται ή θα απαγορεύονται κάθε τύπου *απόβλητα* και *ρύποι*, ώστε να διασφαλίζεται η υγιής και ποιοτική ζωή των ανθρώπων καθώς και η ισορροπία του περιβάλλοντος.

Βάσει, λοιπόν, της επιστημονικής γνώσης, της οικονομικά εφικτής τεχνολογίας, τις συνθήκες και ιδιομορφίες περιβάλλοντος και πληθυσμού καθώς και τις ανάγκες ανάπτυξης, καθιερώθηκαν και χρησιμοποιούνται κατάλληλοι παράμετροι και οριακές τιμές για τον παραπάνω έλεγχο των ρύπων. Αυτό καθιστά εφικτή την πρόληψη ή και αποκατάσταση της υποβάθμισης του περιβάλλοντος αλλά και τη διατήρηση και βελτίωση του για μία καλύτερη ισορροπία.

3.1.1. Επεξήγηση περιβαλλοντικών όρων

Υποβάθμιση του περιβάλλοντος χαρακτηρίζεται η πρόκληση ρύπανσης ή οποιασδήποτε άλλης μεταβολής σε αυτό, που μπορεί να προκαλείται από οποιονδήποτε ρύπο ή απόβλητο και να έχει αρνητική επίδραση στην οικολογική ισορροπία και τη υγεία των κατοίκων, καθιστώντας έτσι το περιβάλλον ακατάλληλο προς χρήση του.

Ρύπος είναι κάθε είδους ουσία, θόρυβος, ακτινοβολίας ή άλλης μορφής ενέργειας όπου σε συγκεκριμένη ποσότητα, διάρκεια ή συγκέντρωση μπορεί να προκαλέσει ρύπανση του περιβάλλοντος και αρνητικές επιπτώσεις στον άνθρωπο και σε κάθε ζώντα οργανισμό.

Απόβλητα είναι η ποσότητα των παραπάνω ρύπων ή αντικειμένων από τα οποία ο κάτοχος πρέπει ή υποχρεούται να απαλλαγεί εφόσον ενδέχεται να προκαλέσουν ρύπανση.

Ρύπανση είναι η παρουσία ρύπων και αποβλήτων σε ποσότητα, διάρκεια ή συγκέντρωση ικανή να προκαλέσει αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, στους

ζωντανούς οργανισμούς και τα οικοσυστήματα ή υλικές ζημιές και γενικά να καθιστά το περιβάλλον ακατάλληλο για τις επιθυμητές χρήσεις του.

Ένεκα των παραπάνω, κάθε κράτος πρέπει να ορίζει μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος και την πρόληψη κάθε αρνητικής συνέπειας σε αυτό και τον άνθρωπο, από την έκθεση του σε οποιοδήποτε τύπο ρύπου, αλλά και ενέργειες με τις οποίες μπορεί να αποκατασταθεί η δημόσια υγεία και το περιβάλλον, στον καλύτερο δυνατό βαθμό. Γίνονται κατάλληλες μετρήσεις και έρευνες, ενώ ορίζονται και ειδικά μέτρα προστασίας και μέτρα διαχείρισης των αποβλήτων, όπως συλλογή, διαλογή, μεταφορά, επεξεργασία και επαναχρησιμοποίηση ή τελικής τους διάθεσης σε κατάλληλους φυσικούς αποδέκτες, ούτως ώστε να προστατευθεί το περιβάλλον και κατά συνέπεια οι άνθρωποι που ζουν σε αυτό.

3.1.2. Όχληση

Όχληση είναι ο περιβαλλοντικός όρος που αντιστοιχεί στο 'θόρυβο'. Ο θόρυβος είναι ένας από τους πιο σημαντικούς ρύπους στη σύγχρονη κοινωνία και ιδιαίτερα σε αστικές-πυκνοκατοικημένες περιοχές. Θόρυβος μπορεί να παραχθεί από διάφορες πηγές, ενώ έχει ομαδοποιηθεί ως εξής:

- περιβαλλοντικός θόρυβος
- θόρυβος εναέριας κυκλοφορίας
- θόρυβος οδικής κυκλοφορίας
- σιδηροδρομικός θόρυβος
- βιομηχανικός θόρυβος
- θόρυβος από εξοπλισμό προς χρήση σε εξωτερικούς χώρους

Όλα τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αλλά και οι Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, σε συνεργασία με όλους τους Περιβαλλοντικούς Οργανισμούς παγκοσμίως, κάνουν συνεχείς έρευνες και Συμβουλία, με σκοπό την προστασία της δημόσιας υγείας, από το θόρυβο, ένεκα των ιδιαίτερα αρνητικών επιπτώσεων που έχει στον ανθρώπινο οργανισμό, σε ψυχοσωματική κλίμακα, και την θέσπιση και διατήρηση μίας ενιαίας πολιτικής αντιμετώπισης και πρόληψης του θορύβου, με κοινές μεθόδους μέτρησης, μέτρα προστασίας, και όρια εκπομπής και έκθεσης του ανθρώπου σε θόρυβο. Όλα αυτά θα παρουσιαστούν αναλυτικά παρακάτω.

3.2. Πηγές θορύβου

Όπως είναι γνωστό, πηγές θορύβου μπορεί να είναι και τα πιο απλά καθημερινά πράγματα, κάθετι που προκαλεί στα αυτιά μας ένα 'ασαφές' άκουσμα. Έτσι, πηγή θορύβου μπορεί να αποτελεί το θρόισμα των ξεραμένων φύλλων του φθινοπώρου, ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής κατά τη λειτουργία του, μία ηλεκτρική σκούπα, ένα ψυγείο, ένας ανεμιστήρας, κλιματιστικά κτλ. Ισχυρότερες όμως πηγές θορύβου αποτελούν οι επαγγελματικές μηχανές (κομπρεσσερ, ανεμιστήρες, διάφορες μηχανές παραγωγής και επεξεργασίας υλικών κτλ), καθώς και κάθε τύπου οχήματα και μέσα μαζικής μεταφοράς (τρένα, αυτοκίνητα, μηχανές, αεροπλάνα, ελικόπτερα κτλ).

Με την ανάπτυξη των ερευνών σχετικά με την εκπομπή θορύβου, έχουν υπολογισθεί κατά προσέγγιση μέσης τιμής, τα επίπεδα θορύβου από συγκεκριμένες πηγές σε συνθήκες συνθήκες.

Παρακάτω υπάρχει ένας πίνακας με διάφορες πηγές θορύβου και την αντίστοιχη συνθηέστερη στάθμη έντασης, σε db(A).

Πηγές θορύβου	Στάθμη ηχητικής πίεσης, A-στάθμισης σε db(A)
Όριο ακουστότητας στο 1000Hz	0
Αίσθηση ησυχίας	0-20
Ελαφρύ θρόισμα φύλλων	25-30
Ήσυχη κρεβατοκάμαρα	35
Ήσυχη αστική περιοχή εν ώρα κοινής ησυχίας (02:00 π.μ – 04:00 π.μ)	35-45
Αιολικό πάρκο, σε απόσταση 350 μέτρων Πολυσύχναστος δρόμος κυκλοφορίας, σε απόσταση 5 χιλιομέτρων	35-45
Συζήτηση (σε φυσιολογική ένταση)	45-55
Επιβατικό αυτοκίνητο, (στο ρελαντί), σε απόσταση 7.5 μέτρα	45-55

Επιβατικό αυτοκίνητο, με 50 χιλ/ώρα, σε απόσταση 100 μέτρα	55
Επιβατικό αυτοκίνητο, με 50 χιλ/ώρα, σε απόσταση 7.5 μέτρα	60-80
Φορτηγό, με 50 χιλ/ώρα, σε απόσταση 100 μέτρα	65
Φορτηγό, με 50 χιλ/ώρα, σε απόσταση 7.5 μέτρα	80-95
Μοτοσικλέτα, με 50 χιλ/ώρα, σε απόσταση 7.5 μέτρα	75-100
Νυχτερινά μαγαζιά (μπαρ κτλ)	85-100
Τρένα μαζικής μεταφοράς, με 100 - 250 χιλ/ώρα, σε απόσταση 7.5 μ	95-100
Τρένα μαζικής μεταφοράς, με 300 χιλ/ώρα, σε απόσταση 7.5 μ	105-110
Απογείωση αεροπλάνου, σε απόσταση 250 μ	105
Απογείωση αεροπλάνου, σε απόσταση 100 μ	110-115
΄Χαμηλές πτήσεις΄ πολεμικών αεροσκαφών	105-120
Όριο πόνου	>120 - 140
Πιθανή σοβαρή βλάβη στην ακοή, ακόμη και για μικρής χρονικής διάρκειας έκθεση	

Πηγή: *European Environment Agency*

Πίνακας 3: Πηγές θορύβου και οι αντίστοιχες ηχητικές στάθμες έντασης.

3.3. Επιπτώσεις στον άνθρωπο

Η έκθεση σε θόρυβο έχει παρόμοιες αρνητικές επιπτώσεις με αυτές της έκθεσης σε υπόηχους, έχοντας μία βασική διαφορά. Τα υψηλά επίπεδα στάθμης έντασης θορύβου, στα οποία μπορεί να εκτίθεται ένα άτομο, και ιδιαιτέρως για μεγάλη χρονική διάρκεια, προκαλεί άμεση βλάβη στο μηχανισμό ακοής, η οποία μπορεί να είναι προσωρινή ή μόνιμη σε εξτρεμιστικές περιπτώσεις. Αναλυτικά, οι συνήθεις επιπτώσεις στον άνθρωπο, που προκαλούνται από την έκθεση σε θόρυβο είναι:

α) βλάβη στην ακοή, που περιγράφεται από μερική απώλεια ακοής ή και οριστική κώφωση, καταστροφή οργάνων του μηχανισμού του αυτιού (τυμπανοειδής μεμβράνη, κοχλίας κτλ)

β) προβλήματα στην επικοινωνία, λόγω δυσκολίας της κατανόησης της ομιλίας και αναπαραγωγής, σε περιβάλλοντα όπου μπορεί να επικρατεί θόρυβος (εντός εργοστασίων, εντός τάξεων, εντός νυχτερινών μαγαζιών και συναυλιακών χώρων κτλ). Αυτό επιρεάζει τον οργανισμό με την καταπόνησή του για δυνατότερη και πλέον ευδιάκριτη παραγωγή ομιλίας, που μπορεί να ξεπερνάει τα φυσιολογικά επίπεδα.

γ) διαταραχή στον ύπνο, γεγονός που στερεί από τον οργανισμό τη χαλάρωση και ξεκούραση που χρειάζεται, προσθέτοντας αλλαγή στη συμπεριφορά την επόμενη μέρα, που χαρακτηρίζεται από έλλειψη συγκέντρωσης, μείωση απόδοσης, επιθετικότητα κτλ

δ) διαταραχές σε διάφορα όργανα του σώματος, όπως στομάχι, κεφάλι, καρδιά, κτλ ειδικότερα σε πολύ υψηλά επίπεδα στάθμης έντασης (ναυτίες, πονοκέφαλος, ίλιγγος, υπέρταση κτλ)

ε) η μακροχρόνια και έντονη έκθεση σε θόρυβο, μπορεί μέσω φθοράς ή καταστροφής οργάνων στο μηχανισμό του αυτιού, να βλάψει νευρώνες του εγκεφάλου

στ) μειωμένη επίδοση σε εργασία και καθημερινές λειτουργίες

ζ) προβλήματα συμπεριφοράς, όπως επιθετικότητα, έλλειψη συγκέντρωσης κτλ

«Vibroacoustic disease (VAD)»

Σχεδόν όλες από τις παραπάνω επιπτώσεις, περιγράφονται με έναν όρο, ειδικότερα στα εργασιακά περιβάλλοντα. Ο όρος αυτός είναι 'Vibroacoustic disease' (VAD) και περιγράφει ουσιαστικά μία ψυχσωματική ασθένεια όπου μέσω ερευνών έχει παρατηρηθεί ότι εμφανίζεται σε εργασιακά περιβάλλοντα όπου επικρατούν υψηλά επίπεδα στάθμης έντασης θορύβου καθώς και υποηχητικών συχνοτήτων και δονήσεων. Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα στάθμης έντασης θορύβου, υποήχων και δονήσεων, μπορεί να οδηγήσει σε αυτήν τη ασθένεια, η οποία αφορά τα περισσότερα όργανα του σώματος, γιατί ολόκληρο το σώμα μπορεί να υποβάλλεται ταυτόχρονα σε ισχυρές δονήσεις και υψηλές εντάσεις συχνοτήτων. Τέτοιες συνθήκες έκθεσης, που σχετίζονται με την VAD, αφορούν κυρίως επίπεδα στάθμης άνω των 100 db, για μεγάλη χρονική διάρκεια έκθεσης και για συχνότητες κάτω των 100 Hz, βάσει των γενικών ερευνών.

Η ασθένεια έχει διαγνωσθεί κυρίως σε εργαζόμενα άτομα που εκτίθενται καθημερινά και καθ' όλη ή κατά την περισσότερη διάρκεια της εργασίας τους σε τέτοιες συνθήκες και χωρίς την κατάλληλη προστασία. Τέτοια άτομα είναι: τεχνικοί-μηχανικοί αεροπλάνων και πλοίων, πιλότοι, αεροσυνοδοί, ναυτικοί, καθώς και djs (λόγω της πολύωρης έκθεσής τους σε δυνατή μουσική). Εκδηλώνεται σε μακρόχρονη έκθεση του ατόμου σε χαμηλόσυχο θόρυβο, μέσα σε κάποια έτη και μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα υγείας, όπως αρτηριοσκλήρυνση, καρδιακές προσβολές, καρκίνο, επιληψία καθώς και ψυχολογικά προβλήματα όπως εξάρσεις θυμού, μειωμένη αποδοτικότητα, καταθλιπτικές τάσεις, αλλά και τάσεις αυτοκτονίας. Οι περισσότεροι ασθενείς που έχουν εκδηλώσει τα τελευταία ψυχσωματικά προβλήματα, δήλωναν σοκαρισμένοι και χωρίς καμία ανάμνηση του τι έκαναν και για ποιο λόγο, σαν το μυαλό τους να είχε 'σβήσει' εκείνη τη στιγμή.

Το γεγονός ότι η ασθένεια εκδηλώθηκε κυρίως σε άτομα που εργάζονται σε

θορυβώδη περιβάλλοντα, ελαχιστοποίησε το φόβο του ευρέως κοινού, αλλά και όσων ατόμων ζούν σε ένα, θεωρητικά, μη θορυβώδες περιβάλλον. Αυτό φυσικά δεν ισχύει. Δεν είναι μόνο οι εργαζόμενοι αυτοί που εκτίθενται σε τέτοια περιβάλλοντα, είναι κ άτομα που ζουν κοντά σε αυτά, όπως στα αστικά κέντρα ή κοντά σε αυτοκινητόδρομους ή πάρκα, ή πολύ απλά άτομα που χρησιμοποιούν καθημερινά στο σπίτι τους συσκευές που μπορεί να παράγουν χαμηλόσυχο θόρυβο (κλιματιστικά, ηλεκτρικές σκούπες κ.α). Επιπλέον πηγές θορύβου και υποήχων που θέτουν σε κίνδυνο το ευρύ κοινό είναι οι συναυλίες με υψηλές εντάσεις (π.χ rock συναυλίες), τα club που έχουν δυνατή μουσική, τα 'πειραγμένα' ηχοσυστήματα αυτοκινήτων που έχουν τη δυνατότητα να αναπαράγουν ήχο σε τρομερές εντάσεις και σε ένα τόσο κλειστό και μικρό χώρο όπου η επαφή είναι σχεδόν άμεση, καθώς και οι μηχανές δρόμου. Επίσης σημαντικό είναι να αναφέρουμε πως η έκθεση σε υπόηχους ευθύνεται σε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό για την εκδήλωση της νόσου, βάσει των τελευταίων αποτελεσμάτων ερευνών σε εργατικό ανθρώπινο δυναμικό. Επομένως, όλοι πρέπει να είμαστε ενήμεροι και να λαμβάνουμε τα κατάλληλα μέτρα προστασίας.

Αναλυτικά,

Η εξέλιξη της VAD, ταξινομείται σε 3 επίπεδα, βάσει της χρονικής περιόδου κατά την οποία ένα άτομο είναι εκτεθειμένου σε χαμηλής συχνότητας και υποηχητικό θόρυβο:

- ήπια μορφή (1-3 χρόνια έκθεσης)
- μέτρια μορφή (4-9 χρόνια έκθεσης)
- βαριά μορφή (10-15 χρόνια έκθεσης)

Αυτή η κατάταξη έγινε βάσει ενός σχετικού πειράματος, που διεξήχθη από τους ερευνητές *Marianna Alves-Pereira* και *Nuno Castelo Branco*, με δείγμα 140 ατόμων που εργάζονταν σε αεροδρόμιο⁶.

Η ασθένεια αυτή στα αρχικά στάδια της εκδήλωσής της, παρουσιάζει τα ίδια συμπτώματα με αυτά που προκαλεί το άγχος, το κοινό στρες. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο θόρυβος και οι υπόηχοι ανήκουν στους 'στρεσογόνους' παράγοντες. Ένα βασικό χαρακτηριστικό αυτής της ασθένειας είναι η ανάπτυξη του εξωκυτταρικού περιβλήματος και άρα η διόγκωση των αγγείων για την αποκατάσταση της ομαλής ροής του αίματος. Αυτές οι διογκώσεις φυσικά μεταφέρονται και στη δομή της καρδιάς (περικάρδιο, βαλβίδες) και σε αυτό οφείλονται και τα τυχόντα καρδιακά προβλήματα. Όσο εκδηλώνεται, συνήθως προκαλεί ψυχολογικές αντιδράσεις, όπως εκρήξεις θυμού, επιληψία, καταθλιπτική ή αυτοκαταστροφική συμπεριφορά έως και τάσεις αυτοκτονίας, όπου για το πάσχον άτομο αμέσως μετά το γεγονός υπάρχει πλήρες κενό μνήμης για το

⁶ «Vibroacoustic Disease: The need for a new attitude towards Noise», by Marianna Alves-Pereira and Nuno Castelo Branco. Public Participation and Information Technologies, 1999, Published by CITIDEP & DCEA-FCT-UNL, © CITIDEP 2000. <http://www.citidep.pt/papers/articles/alvesper.htm>

πώς αντέδρασε, για ποιο λόγο και τι ακριβώς συνέβη. Και αυτό φυσικά, εκτός τις ζημιές που έχει στο πάσχον άτομο, μπορεί να έχει και στο/-α άτομα που βρίσκονται στον ίδιο χώρο, αλλά και σε υλικές καταστροφές. Τέτοια βέβαια προβλήματα στον εργασιακό χώρο, μπορούν να αποφευχθούν με την κατάλληλη ψυχιατρική θεραπεία, αλλά και με τη σωστή επιλογή εργασιακού προσωπικού, με κριτήρια που θα βασίζονται σε ψυχολογικά τεστ και ειδικές ιατρικές εξετάσεις (καρδιογραφήματα κτλ).

Έχει επίσης σημειωθεί ότι σε ένα αρκετά μεγάλο ποσοστό των ατόμων που εργάζονται σε τέτοια περιβάλλοντα, σπανίως εκδηλώνεται η βαριά μορφή της ασθένειας. Αυτό το φαινόμενο δεν έχει ερευνηθεί ακόμη, αλλά υπάρχουν βάσιμες υποψίες ότι λαμβάνει σημαντικό ρόλο η ανθρώπινη επιτακτική αίσθηση της επιβίωσης.

Συγκεντρωτικά:

-Στην ήπια μορφή της (1-3 χρόνια έκθεσης), ο ασθενής μπορεί να παρουσιάσει: εναλλαγές διάθεσης, δυσπεψία, καούρες σε στομάχι και οισοφάγο, λαρυγγίτιδες, φαρυγγίτιδες έως και βρογχίτιδες.

-Στη μέτρια μορφή (4-9 χρόνια έκθεση), ο ασθενής μπορεί να παρουσιάσει: σημαντικές εναλλαγές στη διάθεση, πόνο στο στήθος κ στην πλάτη, κόπωση, δερματικές μολύνσεις και ερεθισμούς, αλλεργίες, επιπεφυκίτιδες, φλεγμονές στο στομάχι.

-Στη βαριά μορφή (>10 χρόνια), ο ασθενής μπορεί να παρουσιάσει: ψυχιατρικές και νευρολογικές διαταραχές, αιμορραγίες σε διάφορα όργανα, κισσούς, αιμορροΐδες, έλκος, σπαστική κολίτιδα, έντονους μυικούς πόνους και ημικρανίες.

Δυστυχώς όλα αυτά τα συμπτώματα συμβαίνουν σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό, όταν η έκθεση δεν είναι απλά σε χαμηλόσυχο θόρυβο αλλά σε υπόηχους.

Με τη σύγχρονη Ιατρική υπάρχουν ειδικές διαγνωστικές εξετάσεις για την VAD.

Ως αρχική εξέταση για τον έλεγχο εμφάνισης ή όχι της ασθένειας, είναι το ηχοκαρδιογράφημα (*echocardiogram*), το οποίο δείχνει την τυχούσα αύξηση του όγκου της δομής της καρδιάς, δηλαδή των βαλβίδων και του περικάρδιο, ενώ με περαιτέρω ανάλυση (*echo-Doppler, transcranial Doppler*), μπορεί να φανεί η αντίστοιχη αύξηση στην καρωτίδα και η μη φυσιολογική αιμάτωση του εγκεφάλου.

Αν αυτή η εξέταση βγει θετική, ακολουθούν άλλες εξετάσεις, οι οποίες μετρούν την ταχύτητα αντίδρασης του εγκεφάλου στο ακουστικό ερέθισμα (*brainstem auditory evoked potentials-BAEP*) και εκτενείς νευρολογικές κυρίως εξετάσεις, οι οποίες δείχνουν άλλα συμπτώματα της ασθένειας όπως αντανακλαστικά, ικανότητα ισορροπίας, μέχρι και συμπτώματα επιληψίας.

Εξετάσεις αίματος, σαφώς είναι απαραίτητες καθώς και ακτινογραφία θώρακος, και

ακουστικογράφημα (*audiogram*), με το οποίο ελέγχεται η απώλεια ακοής⁷.

Πριν την εξέταση κάθε ατόμου, θα πρέπει να υποβάλλονται ορισμένες ερωτήσεις σχετικές με το ακουστικό ιστορικό του, όπως παθολογία του αυτιού, επαγγελματικό ιστορικό, στρατιωτική υπηρεσία, συνήθειες (*hobbies*).

Επίσης, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι τα άτομα που είναι εκτεθειμένα σε θόρυβο κατά τη διάρκεια της εργασίας τους εμφανίζουν μια παροδική μείωση της ακοής, η οποία επανέρχεται με την απομάκρυνση από την πηγή του θορύβου. Για τον λόγο αυτό η ακοομέτρηση δεν πρέπει να γίνεται πριν περάσουν 12 ώρες από τη διακοπή της εργασίας.

Η συχνότητα των περιοδικών ακοομετρικών εξετάσεων καθορίζεται ανάλογα με την έκθεση του εργαζόμενου στον θόρυβο. Συνήθως γίνεται κάθε χρόνο και κάθε πέντε χρόνια εφόσον η ημερήσια ατομική ηχοέκθεση του εργαζόμενου παραμένει μικρότερη από 90 dB (A) (Προεδρικό Διάταγμα 85/1991)⁸.

Θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται πρόνοια για την ενημέρωση των εργαζομένων που εκτίθενται στον θόρυβο για τους πιθανούς κινδύνους που διατρέχει η ακοή τους από την ηχοέκθεση (Π.Δ. 85/1991) και να ενημερώνονται για τα αποτελέσματα των περιοδικών ακοομετρικών εξετάσεων.

Μέθοδος αντιμετώπισης

Με τη μη-αναγνώριση της VAD κ κάθε σχετικών συμπτωμάτων ως 'επίσημη' ασθένεια για εργαζόμενους αλλά και για το ευρύ κοινό, συν την έλλειψη πλήρους και συγκεκριμένης νομοθεσίας περί αιτιών πρόκλησης της (θορυβώδη περιβάλλοντα), κατάλληλες ιατρικές εξετάσεις δεν υπάρχουν στο εργασιακό σύστημα περιθάλψης, έχουν ιδιαίτερα υψηλό κόστος, ενώ όσον αφορά την πρόωρη συνταξιοδότηση πασχόντων εργαζομένων, δεν υπάρχει νομική διαδικασία υποστήριξης αυτών (ειδικά επιδόματα κτλ). Επίσης, τα οικονομικά κόστη για διάγνωση, πρόληψη και αντιμετώπιση των συμπτωμάτων είναι αρκετά υψηλά. Σημειωτέον ότι δεν υπάρχει επίσημη επιστημονική βιβλιογραφία για τέτοιου τύπου ασθένειες.

Για πρόληψη και μείωση της εξάπλωσης των συμπτωμάτων από την έκθεση σε χαμηλόσυχο θόρυβο και υπόηχους, όσον αφορά στο εργατικό δυναμικό, είναι ο αρχικός έλεγχος των αιτούντων για εργασία, για τυχούσα ήδη εμφάνιση της ασθένειας ή άλλων σχετικών προβλημάτων. Και κατά συνέπεια, επιλογή των ατόμων που είναι ικανά

⁷ Σε ασθενείς που πάσχουν από VAD, παρατηρείται απώλεια κυρίως στις χαμηλές συχνότητες.

⁸ Οδηγία 86/188/ΕΟΚ. «Περί προστασίας των εργαζομένων από τους κινδύνους που διατρέχουν λόγω της έκθεσής του στον θόρυβο κατά την εργασία». ΕΕ L 137 της 24/05/1986 σ. 0028 – 0034

να ανταπεξέλθουν σε τέτοιες συνθήκες εργασίας. Στη συνέχεια, ο τακτικός έλεγχος των εργαζομένων, ούτως ώστε μόλις εμφανισθούν τα πρώτα συμπτώματα, να μετακινηθούν τα πάσχοντα άτομα σε άλλο περιβάλλον εργασίας και να δοθούν κάποιες ιατρικές βοήθειες αντιμετώπισης των συμπτωμάτων. Αυτό, βεβαίως, προκαλεί αρκετά προβλήματα και στον εργοδότη και στον εργαζόμενο, γιατί η πιθανή αλλαγή θέσεως εργασίας ή ακόμη και πρόωρης συνταξιοδότησης έχει και οικονομικό και ψυχολογικό κόστος και στις δύο πλευρές. Ωστόσο, ένα κάποιος καινούργιος εργαζόμενος έχει ήδη κάποια σχετικά συμπτώματα και αυτά επιδεινωθούν κατά την εργασία, θα έχει να λογοδοτήσει ο εργοδότης.

Επίσης, θα πρέπει να γίνονται τακτικές μετρήσεις στους χώρους εργασίας για εκπομπή συχνοτήτων και σε τι ένταση εκπέμπονται και να γίνεται η κατάλληλη μείωση σε περίπτωση υπέρβασης των φυσιολογικών και 'ακίνδυνων' ορίων. Καλό θα ήταν επίσης, να υπάρχουν ειδικοί γιατροί (γιατροί εργασίας), σε όλες τις επιχειρήσεις που θα έχουν συνεχή επίβλεψη των εργαζομένων.

Συνοπτικά,

- τακτικές ειδικές ιατρικές εξετάσεις.
- τακτικές μετρήσεις στο χώρο (σε συχνότητες και αντίστοιχες εντάσεις).
- σωστή επιλογή εργαζομένων ικανών για εργασία σε τέτοια περιβάλλοντα.
- μετακίνηση εργαζομένων που εμφάνισαν συμπτώματα.
- αναγνώριση της ασθένειας και των σχετικών συμπτωμάτων που προκύπτουν από την έκθεση σε θορυβώδη περιβάλλοντα.
- καθιέρωση τακτικών ερευνών από κάθε κράτος.
- καθιέρωση πλήρους και εμπεριστατομένης νομοθεσίας για την εκπομπή επιβλαβών συχνοτήτων και μείωση ανεπιθύμητων εντάσεων σε εργασιακούς-και μη-χώρους.
- σωστή ενημέρωση των εργοδοτών, των εργαζομένων καθώς και του ευρέως κοινού, για πρόληψη, ευαισθητοποίηση και κινητικοποίηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 **ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ**

4.1 Θόρυβος και Νομοθεσία

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, ο θόρυβος αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους ρύπους για το περιβάλλον, έχοντας αρνητικές επιδράσεις στην ποιότητα ζωής και την δημόσια υγεία. Ο όρος που χρησιμοποιείται κατά κόρον για αυτού του είδους τη ρύπανση, είναι *ηχορύπανση*. Ο θόρυβος είναι ιδιαίτερα επικίνδυνος όταν εκπέμπεται σε ηχητική στάθμη της τάξεως άνω των 60 db(A), σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό οργανισμό Περιβάλλοντος⁹ και δυστυχώς υπάρχει σε κάθε σύγχρονη κοινωνία, σε χώρους εργασίας, σε βιομηχανικές περιοχές, σε δημόσιους χώρους μεταφορών (όπως αυτοκινητόδρομοι, αεροδρόμια, μετρο κ.α), σε χώρους ψυχαγωγίας, σε υπαίθριους, αλλά και σε κατοικημένες αστικές περιοχές.

Σύμφωνα με στοιχεία από την 'Πράσινη Βίβλο'¹⁰ της Επιτροπής των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, ένα ποσοστό 17-22% του πληθυσμού (δηλ περίπου 80 εκατ. άνθρωποι) εκτίθενται καθημερινά σε θόρυβο οδικής κυκλοφορία με επίπεδα στάθμης έντασης >65 db(A), ενώ ακόμη περισσότεροι άνθρωποι (περίπου 170 εκατ.) εκτίθενται σε διαφόρων πηγών θόρυβο, σε παρόμοια επίπεδα στάθμης έντασης. Επίσης, η ενόχληση από το θόρυβο δεν αφορά μόνο τη διάρκεια της ημέρας αλλά ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της νύχτας, όπου το σώμα πρέπει να αναπαυθεί. Ένας διαταραγμένος ύπνος, προκαλεί διαταραχές στον οργανισμό καθ' όλη τη διάρκεια της επόμενης ημέρας, ενώ αν γίνεται σε καθημερινή βάση, μπορεί να προκαλέσει μόνιμα ψυχοσωματικά προβλήματα στον ανθρώπινο οργανισμό. Είναι σημαντικό να αποδεχθούμε την ύπαρξή του και τις επιδράσεις του στα εκτιθέμενα άτομα που μπορεί να είναι εργαζόμενοι, αλλά και το δημόσιο κοινό.

Το ανθρώπινο αυτί δεν έχει τα κατάλληλα 'μέσα' για να προστατευτεί από τα υψηλά επίπεδα θορύβου, με αποτέλεσμα να προκαλείται εύκολα μικρή ή και σοβαρή βλάβη στην ακοή, με συνήθη περίπτωση αυτήν της βαρηκοίας. Σε αντίθεση με την πρεσβυακουσία (φυσική κώφωση), η βαρηκοία που προκαλείται από θόρυβο δεν βελτιώνεται με τη χρήση ακουστικών. Ο βαθμός απώλειας της ακοής σχετίζεται με το επίπεδο του θορύβου (ένταση) τη συχνότητα και τη διάρκεια της έκθεσης.

Ιδιαίτερη προστασία πρέπει να δίνεται στα άτομα που εργάζονται σε θορυβώδη περιβάλλοντα, όπου συνήθως οι εντάσεις είναι υψηλές και η διάρκεια έκθεσης μπορεί να

⁹ ΕΟΠ: Ευρωπαϊκός οργανισμός Περιβάλλοντος (EEA, European Environment Agency), www.eea.europa.eu/el/

¹⁰ Commission of the European communities, *Future noise Policy - 'Green Paper'*. Βρυξέλλες, 04.11.1996, COM(96) 540 Final. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://ec.europa.eu/environment/noise/greenpap/htm#situ>

χεπερνάει τις 8 ώρες. Τα 80 dB (A) είναι το όριο ασφαλείας, μέχρι το οποίο ένα εργαζόμενο άτομο μπορεί να είναι εκτεθειμένο καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας του (βωρη εργασία), χωρίς να κινδυνεύει να πάθει 'επαγγελματική βαρηκοΐα'. Η προστασία της ακοής κατά την εργασία όπου υπάρχει θόρυβος, είναι απαραίτητη και επιτυγχάνεται με πολλούς τρόπους, όπως:

- Στην πηγή του θορύβου με διάφορες τεχνικές τροποποιήσεις των θορυβογόνων συσκευών (αλλαγή συχνότητας λειτουργίας, σιγαστήρες κτλ).

- Στη διάδοση του θορύβου (από την πηγή με εγκλεισμό μηχανών, τοποθέτηση ειδικών ηχοφραγμάτων, κατασκευή καμπίνων κλπ).

- Στον ανθρώπινο μηχανισμό ακοής, με τη χρησιμοποίηση ατομικών μέσων προστασίας της ακοής, ωτοασπίδες, προστατευτικά σκέπαστρα των αυτιών (ear-muffs) κλπ.

Παρά το γεγονός ότι το πρόβλημα της έκθεσης σε θόρυβο σφίζει κρισιμότητας στην σύγχρονη κοινωνία και παρά τις προσπάθειες όλων των περιβαλλοντικών οργανισμών και των κρατών για τη μελέτη και την αντιμετώπισή του, δεν έχουμε ακόμη πραγματικά ολοκληρωμένες και εμπειριστατωμένες μελέτες και επομένως, μη σαφή συμπεράσματα και τρόπους πλήρους αντιμετώπισης του θέματος. Οι περισσότερες μελέτες και μετρήσεις που έχουν γίνει στα περιβάλλοντα υψηλού κινδύνου [επαγγελματικά κυρίως], αφορούν μόνο μετρήσεις ηχητικής στάθμης πίεσης σε db, χωρίς να αναφέρεται για ποιο εύρος συχνοτήτων έγινε η μέτρηση αυτή. Αυτός είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας, διότι άλλη επίδραση έχουν στον οργανισμό μας οι υψηλές συχνότητες και άλλη οι μεσαίες και οι χαμηλές.

Επίσης, ο θόρυβος δεν αφορά μόνο στον 'ακουστό' ήχο αλλά και στον υποηχητικό και υπερηχητικό. Δυστυχώς, πολύ πιο σοβαρές επιπτώσεις απαντώνται στις υποηχητικές συχνότητες, οι οποίες βλάπτουν και τα υπόλοιπα όργανα του σώματος, αφού έχουμε να κάνουμε και με δονήσεις. Και ιδιαίτερα από τη στιγμή που ένα υποηχητικό κύμα δεν μπορούμε να το 'ακούσουμε', επιδρά ύπουλα στον οργανισμό μας αφού μπορεί να είναι σε βλαβερό, για τον τελευταίο, επίπεδο έντασης. Το πρόβλημα ξεκινά από το γεγονός ότι έχει κυριαρχήσει η αντίληψη ότι ο θόρυβος επιδρά μονάχα στο ακουστικό όργανο του ανθρώπου. Έτσι, οι περισσότερες μελέτες εστιάζουν στα ακουστικά φαινόμενα, ενώ οι μετρήσεις γίνονται σε συχνότητες αντιληπτές από την ανθρώπινη ακοή. Οι υποηχητικές συχνότητες σπάνια λαμβάνουν χώρα σε τέτοιες μελέτες.

Μεγαλύτερη επιτακτικότητα για έρευνα και προστασία, παρουσιάζει το εργατικό ανθρώπινο δυναμικό σε χώρους με σημαντική εκπομπή θορύβου και υποήχων, διότι το εκτιθέμενο άτομο έχει άμεση επαφή με την πηγή, αλλά και σημαντικό χρόνο έκθεσης σε αυτήν. Ωστόσο η υπάρχουσα νομοθεσία, για εργαζόμενους σε 'θορυβώδεις' χώρους, αφορά σε ωριαία ή ολιγόωρη έκθεση του ατόμου και σε ακουστικά πλάτη (acoustic amplitude levels). Για παράδειγμα σύμφωνα με τη σύστημα διαχείρισης Επαγγελματικής Υγείας και Ασφάλειας στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (United States Occupational Safety and Health Administration- OSHA), ένας εργάτης μπορεί να

παραμένει εκτεθειμένος σε 90 db θόρυβο, για 8 ώρες την ημέρα (OHSΑ, 1995). Δεν υπάρχει όμως καμία αναφορά στις ζώνες συχνοτήτων, στις οποίες αναφέρονται τα 90 db. Έτσι, μπορεί π.χ να αφορούν τη ζώνη των 20-500Hz ή των 1000-5000 Hz. Αυτές όμως οι ζώνες συχνοτήτων έχουν τεράστια διαφορά για τον ανθρώπινο οργανισμό γιατί τα διαφορετικά όργανα του σώματός μας είναι ευπαθή σε διαφορετικές συχνότητες και ειδικότερα στις χαμηλές ζώνες συχνοτήτων, έως δηλαδή τα 500Hz, μπορούν να προκληθούν αμετάκλητες βλάβες σε αρκετά όργανα του σώματος. Τις περισσότερες φορές βεβαίως να ξαναπούμε ότι ακόμη και αναλυτικές μετρήσεις db σε ζώνες συχνοτήτων να γίνουν, δεν συμπεριλαμβάνουν το εύρος των υποήχων, παρά μόνο το ακουστικό εύρος. Αν το δούμε από την πλευρά του παραλληλισμού είναι σαν να αγνοούμε την ύπαρξη των 'x-ray' ακτινών, επειδή δεν τις βλέπουμε..

Η μακροχρόνια επίδραση που μπορεί να έχει ο 'χαμηλόσυχνος θόρυβος' (0,001Hz - 500Hz) στον κόσμο, παραμένει ανοιχτό και ανολοκλήρωτο πεδίο έρευνας. Ο κυριότερος λόγος είναι η πεποίθηση ότι μόνο κάτι που είναι από (στην προκειμένη περίπτωση 'ακουστό'), μπορεί να είναι επιβλαβές πράγμα που παροτρύνει τις περισσότερες κυβερνήσεις να απέχουν από τέτοιου τύπου κονδύλια και προωθήσεις και κατά συνέπεια, η έλλειψη εργαστηριακών χώρων και εμπειριστατωμένων πειραμάτων για έλεγχο σε μεγάλο πλήθος ατόμων¹¹. Οι επιπλέον λόγοι είναι τα ρίσκα -οικονομικά κυρίως- που πρέπει να λάβουν οι εργοδότες με το να ασχοληθούν με τακτικές ιατρικές εξετάσεις, προσεκτική επιλογή ατόμων, και προφανώς ιδανικότερο εξοπλισμό, ωράρια και μεθόδους προστασίας. Έτσι, οι επιπτώσεις που μπορεί να έχει στο ευρύ κοινό κατά το μακροπρόθεσμο μέλλον παραμένουν άγνωστες, ενώ η πληροφόρηση του εργατικού δυναμικού και του ευρέως κοινού για την πιθανή ύπαρξη χαμηλόσυχνου θορύβου και υποήχων σε οποιοδήποτε περιβάλλον, καθώς και τις 'άμεσες αρνητικές συνέπειες στον ανθρώπινο οργανισμό, παραμένει ελλιπής έως και ανύπαρκτη. Κατά συνέπεια των παραπάνω, δεν υπάρχει ακόμη πλήρης νομοθεσία σε κάθε κράτος, που να αφορά στην εκπομπή και την έκθεση σε χαμηλόσυχνο θόρυβο και υποηχητικά κύματα.

4.2. Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization)

Ο Π.Ο.Υ είναι ένας Οργανισμός που ασχολείται με την προστασία της υγείας του ανθρώπου, αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος για την διαιώνιση της ζωής στον πλανήτη μας. Συνεργάζεται με όλα τα κράτη και τις Κυβερνήσεις και η επίσημη ιστοσελίδα του είναι: www.who.int

Στο Ειδικό Συνέδριο που διεξήχθη στο Λονδίνο, τον Απρίλιο του 1999, με ερευνητές από όλον τον κόσμο, συντάχθηκε ένας Οδηγός για τα επιτρεπόμενα όρια εκπομπής θορύβου σε γενικά αλλά και ειδικά πλαίσια, με τίτλο "Guidelines for Community Noise" ("Επιτρεπόμενα όρια για τον Περιβαλλοντικό Θόρυβο")¹². Ο Οδηγός αυτός βασίζεται στο άρθρο "Community Noise", που συντάχθηκε το 1995, από το Πανεπιστήμιο της Στοκχόλμης και το Ινστιτούτο Καρολίνσκα, για λογαριασμό του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας.

¹¹ Οι τελευταίες έρευνες για τέτοιου τύπου 'ασθένειες' του οργανισμού, έχουν γίνει σε πειραματόζωα και σε μικρά δείγματα ατόμων, της τάξεως των 30, 45, 60 και 485 (εκτεθειμένων εργατών).

¹² Είναι διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-1.pdf>

Με τον όρο 'περιβαλλοντικό θόρυβο' ορίζεται συνοπτικά ο συνολικός θόρυβος που προκαλείται από την οδική κυκλοφορία, την εναέρια κυκλοφορία, το σιδηροδρομικό θόρυβο, το βιομηχανικό θόρυβο, το θόρυβο που προκαλείται από εξοπλισμό που χρησιμοποιείται σε εξωτερικούς χώρους, αλλά και τον θόρυβο που υπάρχει σε κάθε κατοικημένη περιοχή (σε κάθε 'γειτονιά'), που προκαλείται από τους ίδιους τους κατοίκους με τις καθημερινές συνήθειες και λειτουργίες εντός των οικιών.

Ο συνηθέστερος τρόπος μέτρησης είναι να συγκεκριμενοποιηθεί η συχνότητα που θα μετρηθεί, το επίπεδο ηχητικής έντασης και η χρονική διάρκεια εκπομπής της συγκεκριμένης συχνότητας. Η συνηθέστερη μονάδα μέτρησης που χρησιμοποιείται και αφορά σε ηχητική ένταση είναι τα db(A), με A-στάθμιση, η οποία είναι σχεδόν ισοδύναμη με την ηχητική ένταση που μας δίνουν οι καμπύλες ισοδύναμης ακουστότητας για την ανθρώπινη ακοή. Επειδή, ένας θόρυβος αποτελεί ένα σύμπλεγμα πολλές φορές από άλλους θορύβους που προκαλούνται από διάφορες πηγές, συνήθως μετράμε τη συνολική ηχητική ενέργεια του ήχου, σε LAeq, T, τιμή που αφορά στη μέση ηχητική ενέργεια των διαφορετικών πηγών θορύβου, που ισοδυναμεί σε db(A), σε χρονική διάρκεια μίας περιόδου T. Όταν οι διάφορες πηγές θορύβου είναι ευδιάκριτες χρησιμοποιείται συμπληρωματικά και η LAmax τιμή που αφορά στη μέγιστη τιμή για κάθε πηγή.

4.2.1 Επιπτώσεις και αντίστοιχα όρια ανοχής, σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας

Οι διάφορες επιπτώσεις που μπορεί να παρουσιαστούν στον οργανισμό ενός ατόμου που εκτίθεται για κάποιο σημαντικό διάστημα σε θόρυβο, εξαρτάται σαφώς από τη χρονική διάρκεια έκθεσης – μακροχρόνια και μη- αλλά και από τη συχνότητα ή το εύρος συχνοτήτων στο οποίο εκτίθεται. Οι βλάβες που προκαλούνται σε συχνότερο βαθμό από την έκθεση σε θόρυβο είναι οι παρακάτω, αναλυτικά:

α) Επίπτωση στην ακοή (μερική ή πλήρης κώφωση)

Αυτή η αρνητική επίπτωση εντοπίζεται κυρίως με μία μικρή αύξηση το 'όριο ακουστότητας' (threshold of hearing), ή/και ένα συνεχές άκουσμα 'κουδουνίσματος' στα αυτιά. Προκαλείται κυρίως από την έκθεση σε υψηλές συχνότητες, δηλ από 3kHz-6kHz, με τη μεγαλύτερη επικινδυνότητα στη συχνότητα των 4kHz. Σε υψηλότερα επίπεδα LAeq, 8h, δηλ. ηχητικής έντασης και χρονικής διάρκειας, χαμηλότερες συχνότητες –όπως τα 2kHz μπορούν να προκαλέσουν τέτοια βλάβη. Γενικά αν τα LAeq, 8h επίπεδα δεν ξεπερνούν τα 75 db(A), δεν υπάρχει κίνδυνος για την ακοή. Σημαντικός παράγοντας είναι και η ευαισθησία του κάθε εκτεθειμένου ατόμου, ενώ δεν υπάρχει διάκριση μεταξύ γυναικών και ανδρών. Εκτός από τον θόρυβο, υπάρχουν κ άλλες αιτίες πρόκλησης βλάβης στην ακοή όπως βιοχημικά, ατυχήματα κτλ ενώ υπάρχει και η φυσιολογική κώφωση λόγω ηλικίας (*presbycusis*). Έως το 1999, πάνω από 120 εκατομύρια του πληθυσμού ανά τον κόσμο διαπιστώθηκε ότι πάσχουν από βλάβη στην ακοή λόγω της έκθεσης σε θόρυβο. Έτσι,

- η έκθεση σε περιβαλλοντικό θόρυβο δεν πρέπει να ξεπερνά σε LAeq, 8 τα 75 db(A)
- η έκθεση σε περιβαλλοντικό θόρυβο ημερησίως δεν πρέπει να ξεπερνά σε LAeq, 24h τα 70 db(A)
- για εργαζόμενους εκτίθενται σε στιγμιαίους κρουστικούς ήχους υψηλών επιπέδων έντασης το όριο σε LAeq είναι 140 db(A), (αρκεί να έχουν πολύ μικρή χρονική διάρκεια)
- για τα παιδιά που συνήθως παίζουν με παιχνίδια αρκετά θορυβώδη, τα επίπεδα LAeq, 24h είναι έως 120 db(A).

β) Πρόβλημα στην επικοινωνία και την κατανόηση της ομιλίας

Το πρόβλημα έγκειται στο ότι η περισσότερη ακουστική ενέργεια της ομιλίας είναι στο εύρος των 100- 6kHz, με εντονότερο το εύρος των 300-3kHz. Ο περιβαλλοντικός θόρυβος ουσιαστικά 'καλύπτει' τις συχνότητες ομιλίας, καθώς και άλλων σημαντικών ήχων για την καθημερινότητα του ατόμου, όπως κουδούνι πόρτας, τηλέφωνο, ξυπνητήρι, συναγερμούς και γενικά προειδοποιητικά σήματα κ μουσικής. Αυτό προκαλεί πρόβλημα στην επικοινωνία αλλά και βλάβες στην ομιλία (αφού εξαναγκάζεται κάποιος να μιλάει έντονα και δυνατά για να γίνει κατανοητός) και φυσικά στην ακοή. Η μη κατανόηση της ομιλίας εξάρταται και από παράγοντες όπως η προφορά του ομιλητή, η απόσταση από τον ακροατή, τα επίπεδα έντασης και χαρακτηριστικά του περιβάλλοντα 'συνοδευτικού' θορύβου, το επίπεδο προσήλωσης του ακροατή, αλλά και τα χαρακτηριστικά αντήχησης των χώρου. Έτσι,

- για χρόνο αντήχησης άνω του 1 sec, η ομιλία γίνεται αρκετά δυσνόητη
- για άτομα που ανήκουν σε ειδικές κατηγορίες (όπως ηλικιωμένοι, παιδιά σε ηλικία που μαθαίνουν να μιλούν, άτομα διαφορετικής εθνικότητας, άτομα που πάσχουν από προβλήματα ακοής κτλ), ο οριακός χρόνος αντήχησης μειώνεται στα 0.6 sec
- ο λόγος του σήματος ομιλίας προς το σήμα θορύβου, σε επίπεδα έντασης, δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 15 db, ώστε να είναι κατανοητή η ομιλία [για παράδειγμα ομιλία: 50 db(A) και θόρυβος 35 db(A)]

γ) Διαταραχή στον ύπνο

Ο διαταραγμένος ύπνος αποτελεί σημαντικό ψυχοσωματικό πρόβλημα με επιπτώσεις και στην επόμενη ημέρα. Συμπτώματα της επόμενης μέρας αποτελεί η μειωμένη απόδοση, το αίσθημα υπνηλίας, η κόπωση, η υπερένταση, η άυξηση της πίεσης, ταχυπαλμίες κτλ. Έτσι, για έναν καλό ύπνο, θα πρέπει να ισχύουν τα εξής:

- για συνεχή θόρυβο (π.χ σε κατοικίες δίπλα σε δρόμους συχνής 24ωρης κυκλοφορίας), τα επίπεδα έντασης, σε LAeq, 24h να μην υπερβαίνουν τα 30 db(A)

- για θορυβώδη συμβάντα, τα επίπεδα έντασης σε LAeq, 24h να μην υπερβαίνουν τα 45 db(A), με ανοικτά παράθυρα.

δ) Διαταραχές σε όργανα του σώματος

Η παρατεταμένη έκθεση σε θόρυβο, γεγονός που απολαμβάνουν κυρίως οι εργαζόμενοι σε θορυβώδη περιβάλλοντα, αλλά και τα άτομα που κατοικούν εντός ή πλησίον βιομηχανικών και πολυσύχναστων αστικών περιοχών, αεροδρόμια, σιδηροδρομικούς σταθμούς κτλ. Σαφώς έχει να κάνει και με τις καθημερινές συνήθειες των εκτεθειμένων ατόμων σε σχέση με το θορυβώδες περιβάλλον και γενικά τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ένα γενικό σύμπτωμα είναι η αύξηση της αρτηριακής πίεσης και ο κίνδυνος υπέρτασης. Επομένως,

- οι εργαζόμενοι που εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα έντασης για πάνω από 3-5 χρόνια, κινδυνεύουν από υπέρταση και άλλα καρδιακά προβλήματα

- η μακρόχρονη έκθεση σε επίπεδα έντασης LAeq, 24h από 65- 70 db(A), εργαζομένων και μη, μπορεί να προκαλέσει από απλά έως σοβαρότερα καρδιαγγειακά προβλήματα

ε) Διανοητική υστέρηση

Κατά βάση, η έκθεση σε θόρυβο δεν αποτελεί άμεση αιτία πρόκλησης διανοητικής υστέρησης, μπορεί όμως να εντείνει και να επιταχύνει την ανάπτυξη μίας τέτοιας υποδόσκουσας ασθένειας. Επίσης, άλλη μία έμμεση συμβολή σε τέτοιας φύσεως προβλήματα υγείας, είναι η 'προτροπή' των ατόμων που πάσχουν από διαταραχές ύπνου, πονοκεφάλους, κόπωση κτλ λόγω της έκθεσής τους σε θόρυβο, να χρησιμοποιούν μυοχαλαρωτικά, παυσίπονα, υπνωτικά και άλλα ψυχοθεραπευτικά χάπια, τα οποία σε μακροχρόνια και μη προσεγμένη χρήση, προκαλούν άμεσα προβλήματα υγείας.

στ) Μειωμένη επίδοση

Έχει αποδειχθεί άμεση η σχέση έκθεσης σε θόρυβο και μειωμένης επίδοσης, κυρίως σε εργαζομένους και παιδιά. Τα άτομα αυτά παρουσιάζουν μείωση μνήμης, ικανότητας διαβάσματος και συγκέντρωσης, ανικανότητα επίλυσης προβλημάτων, ανικανότητα στις εργασιακές απαιτήσεις, εργασιακά σφάλματα και ατυχήματα κτλ. Σημαντική είναι η εμφάνιση τέτοιων φαινομένων σε μαθητές σχολίων πλησίον αεροδρομίων, όπου ουσιαστικά εκτίθενται μακροχρόνια σε υψηλά επίπεδα θορύβου.

ζ) Προβλήματα συμπεριφοράς

Η μακρόχρονη ή τακτική έκθεση σε θόρυβο, προκαλεί αρκετά προβλήματα συμπεριφοράς όπως οργή, επιθετικότητα, καταθλιπτικές τάσεις κ.α. Αυτό αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τις σύγχρονες κοινωνίες, όπου ουσιαστικά μεγαλώνουν παιδιά με ιδιαίτερος εμφανή τέτοια φαινόμενα, τα οποία παιδιά αποτελούν το μέλλον της

κοινωνίας, ένα μέλλον που προφανώς θα καλύπτεται από εγκληματικότητα, εχθρικότητα και άλλα δυσάρεστα ψυχο-φαινόμενα.

- η έκθεση σε θόρυβο ηχητικής έντασης άνω των 80 db(A) σε LAeq, 24h, έχει άμεση εμφάνιση τέτοιων ψυχοτικών συμπεριφορών

Σημαντικότερες είναι οι επιπτώσεις όταν ο θόρυβος 'συνοδεύεται' από δονήσεις, υποηχητικά κύματα, κρουστικούς θορύβους (όπως πυροβολισμοί, εκρήξεις κτλ), αφού τα πρώτα είναι σχεδόν μη αντιληπτά από την ανθρώπινη ακοή, ενώ τα τελευταία είναι ιδιαίτερα έντονα και ξαφνικά φαινόμενα.

Για όλα τα παραπάνω,

Ιδιαίτερη σημασία θα πρέπει να δίδεται στις 'ευπαθής ομάδες', με κυριότερη αυτή των ήδη πασχούντων από προβλήματα ακοής, όπου πρέπει να λαμβάνονται ακόμη πιο αυστηρά μέτρα προστασίας και έκθεσης, και άτομα όπως:

- παιδιά, έμβρυα, νεαρά άτομα
- ηλικιωμένοι
- ασθενείς σε νοσοκομία ή σπίτια [κατά τη διάρκεια ανάρρωσης π.χ]
- άτομα με χρόνιες ασθένειες, που επιρεάζονται σημαντικά από την έκθεση σε θόρυβο [π.χ άτομα που πάσχουν από υπέρταση]
- άτομα που η εργασία τους έχει να κάνει με γνωστικά αντικείμενα, όπου απαιτείται ιδιαίτερη συγκέντρωση και απαιτούνται υψηλά επίπεδα απόδοσης [λογιστές, επιστημονικοί ερευνητές κτλ]

4.2.2. Επιτρεπόμενα όρια έκθεσης σε θόρυβο, σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ.

- ο λόγος ομιλίας-θορύβου για απόσταση ομιλητή-ακροατή ίση με 1 μέτρο, και εφόσον η συνήθης ηχητική ένταση ομιλίας είναι 50 db(A), θα πρέπει να είναι 15 db(A). Επομένως, η ηχητική ένταση θορύβου θα πρέπει να είναι 35 Db(A). Σε σχολικές αίθουσες ή αίθουσες συνεδρίων, όπου είναι ιδιαίτερης σημαντικότητας η καθαρή και ευκρινής ομιλία, η ηχητική ένταση θορύβου θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν χαμηλότερη γίνεται [με οριακή τιμή τα 35 db(A)].

- για την κατανόηση της ομιλίας επίσης, ο χρόνος αντήχησης δεν θα πρέπει να ξεπερνά το 1 sec, ενώ απαιτείται χαμηλότερη τιμή για μικρότερα δωμάτια. Για ευπαθείς ομάδες ατόμων, ο χρόνος αντήχησης θα πρέπει να έχει οριακή τιμή τα 0.6 sec.

- η μακρας διάρκειας έκθεση σε θόρυβο, δεν πρέπει να ξεπερνά σε ηχητική ένταση LAeq, 24h τα 65- 70 db(A)

- η έκθεση σε έντονους στιγμιαίους θορύβους [κρότοι, πυροβολισμοί κτλ] σε αντίστοιχα περιβάλλοντα εργασίας δε θα πρέπει να ξεπερνά τα LAeq, 24h τα 140 db(A)
- για τα παιδιά το όριο φτάνει τα LAeq, 24h τα 120 db(A)
- κατά τη διάρκεια της νύχτας, για έναν ήσυχο και υγιή ύπνο, τα επίπεδα θορύβου πρέπει να είναι έως 30 db(A) εντός οικιών.
- κατά τη διάρκεια της ημέρας, τα επίπεδα θορύβου δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 50- 55 db(A)
- κατά τη διάρκεια του απογεύματος, τα επίπεδα θορύβου θα πρέπει να είναι 5-10 db(A) χαμηλότερα από ότι στη διάρκεια της ημέρας
- σε θορυβώδη εργασιακά περιβαλλοντα, τα επίπεδα θορύβου, δεν θα πρέπει να ξεπερνούν τα 80 db(A)

4.2.3. Επιτρεπόμενα όρια έκθεσης, σε ειδικά περιβάλλοντα (σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ)

α) εντός κατοικιών

- κατά τη διάρκεια της ημέρας, η οριακή τιμή στάθμης έντασης είναι τα 35 db(A) LAeq
- κατά τη διάρκεια της νύχτας, η οριακή τιμή στάθμης έντασης θορύβου από εισερχόμενο θόρυβο πηγής σε απόσταση 1 μέτρο, είναι τα 45 db(A) LAeq, με ανοιχτά παράθυρα [η διαφορά με κλειστά παράθυρα είναι γύρω στα 15 db(A) LAeq]
- στα υπνοδωμάτια, η οριακή τιμή στάθμης έντασης είναι τα 30 db(A) LAeq για συνεχή θόρυβο και τα 45 db(A) LAeqmax για στιγμιαίο ηχητικό φαινόμενο
- στα μπαλκόνια, ταρατσες, αυλές κτλ , η στάθμη ηχητικής έντασης του εξωτερικού θορύβου δεν πρέπει να ξεπερνά τα 50 db(A) LAeq

β) σε σχολεία, παιδικούς σταθμούς και άλλους εκπαιδευτικούς οργανισμούς

- κατά τη διάρκεια των μαθημάτων, τα επίπεδα στάθμης έντασης του θορύβου εντός των αιθουσών δεν πρέπει να ξεπερνά τα 35 db(A) LAeq
- για τους εξωτερικούς χώρους , η στάθμη έντασης θορύβου από εξωτερικές πηγές, δεν πρέπει να ξεπερνά τα 55 db(A) LAeq
- ο χρόνος αντήχησης εντός των αιθουσών θα πρέπει να είναι γύρω στο 0.6 sec, ενώ εντός των κυλικείων και τους χώρους αναψυχής, γύρω στο 1 sec
- σε παιδικούς σταθμούς όπου μπορεί να υπάρχουν υπνοδωμάτια, ισχύουν οι ίδιες

οριακές τιμές για τα υπνοδωμάτια εντός των κατοικιών

γ) νοσοκομεία, ιατρικά κέντρα κτλ

Σε όλους τους εσωτερικούς χώρους και τους θαλάμους ασθενών,

- κατά τη διάρκεια της ημέρας, τα επίπεδα στάθμης έντασης θορύβου δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 40 db(A) LAeq

- κατά τη διάρκεια της νύχτας, τα επίπεδα στάθμης έντασης θορύβου δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 30 db(A) LAeq, με μέγιστες τιμές για στιγμιαίους ήχους τα 40 db(A) LAeq

Εννοείται ότι σε περιπτώσεις ιδιαίτερης ευαισθησίας των ασθενών, τα επίπεδα αυτά μειώνονται όσο το δυνατόν είναι εφικτό.

δ) φεστιβάλ, συναυλιές, εορτές, τελετές κτλ σε δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους

Συνήθως τα επίπεδα έντασης ήχου, σε τέτοιες περιστάσεις φτάνουν τα 100 db(A)

- οι οριακές τιμές στάθμης έντασης δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 100 db(A) LAeq, 4h, και όχι για περισσότερες από 4 φορές το χρόνο, η έκθεση του κάθε ατόμου. Ως μέγιστη τιμή μπορεί να θεωρηθεί αυτή των 110 db(A) LAeq, για ειδικές περιπτώσεις και πάλι για 4ωρη έκθεση οριακά

ε) για άτομα που χρησιμοποιούν ακουστικά (π.χ ηχολήπτες, μουσικοί, djs κτλ)

- η οριακή τιμή στάθμης έντασης των ακουστικών θα πρέπει να είναι έως 70 db(A) LAeq, 24h

- για ημερήσια έκθεση χρονικής διάρκειας 1 ώρας, η οριακή τιμή στάθμης έντασης των ακουστικών δεν πρέπει να ξεπερνά τα 85 db(A) LAeq, 1h

- η μέγιστη τιμή για ειδικές περιπτώσεις και για μικρότερη χρονική διάρκεια έκθεσης είναι τα 110 db(A) LAeqmax

στ) πυροτεχνήματα, θορυβώδη παιχνίδια κτλ

- για τους ενήλικες, η στιγμιαία αυτή έκθεση δεν πρέπει να ξεπερνά τα 140 db(A)

- για τα παιδιά, η στιγμιαία αυτή έκθεση δεν πρέπει να ξεπερνά τα 120 db(A)

Παρακάτω δίδεται ένας πίνακας με τα επιτρεπόμενα όρια έκθεσης σε θόρυβο, για ειδικά περιβάλλοντα και τις επιπτώσεις στην υγεία των εκτεθειμένων ατόμων, όπως

συντάχθηκε και δημοσιεύθηκε στο άρθρο του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας:

Ειδικά Περιβάλλοντα	Επιπτώσεις στην υγεία των εκτεθειμένων ατόμων	LAeq, σε Db(A)	Χρονική διάρκεια έκθεσης, σε ώρες	LAeqmax, σε Db
Εξωτερικοί χώροι σε κατοικημένες περιοχές	-Σημαντική ενόχληση (ημέρα και απόγευμα)	55	16	-
	- Μέτρια ενόχληση (ημέρα και απόγευμα)	50	16	-
Εντός κατοικιών	- Μέτρια ενόχληση (ημέρα και απόγευμα)	35	16	-
Υπνοδωμάτια	- Διαταραχή ύπνου (νύχτα)	30	8	45
Υπνοδωμάτια με ανοικτά παράθυρα	- Διαταραχή ύπνου, (νύχτα)	45	8	60
Σχολικές αίθουσες	-δυσκολία στην κατανόηση της ομιλίας, στην αντίληψη και αφομίωση πληροφοριών και την επικοινωνία	35	Διάρκεια μαθήματος	-
Υπνοδωμάτια παιδικών σταθμών	-διαταραχή ύπνου	30	Διάρκεια ύπνου	45
Σχολικές αυλές	-μέτρια ενόχληση	55	Διάρκεια παιχνιδιού	-
Νοσοκομεία	-διαταραχή ύπνου (νύχτα)	30	8	40
	-διαταραχή ύπνου (ημέρα, απόγευμα)	30	16	-
Βιομηχανικές, αστικές περιοχές	-βλάβη στην ακοή	70	24	110
Φεστιβάλ, εορτές, ψυχαγωγικές δραστηριότητες	-βλάβη στην ακοή (όριο: 4 φορές/έτος)	100	4	110
Μουσική και άλλοι ήχοι μέσω ακουστικών	-βλάβη στην ακοή	85	1	110

Στιγμιαίοι ήχοι και θόρυβοι από παιχνίδια, πυροτεχνήματα κτλ	-διάσπαση ηρεμίας (ενήλικες)	-	-	140
	-διάσπαση ηρεμίας (παιδιά)	-	-	120

Πίνακας 4: Οριακές τιμές στάθμης έντασης, όσον αφορά στην ενόχληση, διαφόρων πηγών θορύβου.

• Σε γενικές γραμμές, τα επίπεδα στάθμης έντασης του θορύβου κατά τη διάρκεια της ημέρας, δεν θα πρέπει να ξεπερνούν τα $L_{Aeq} = 55 \text{ db(A)}$. Πιο συγκεκριμένα:

- στα 55-60 db(A), προκαλείται ενόχληση

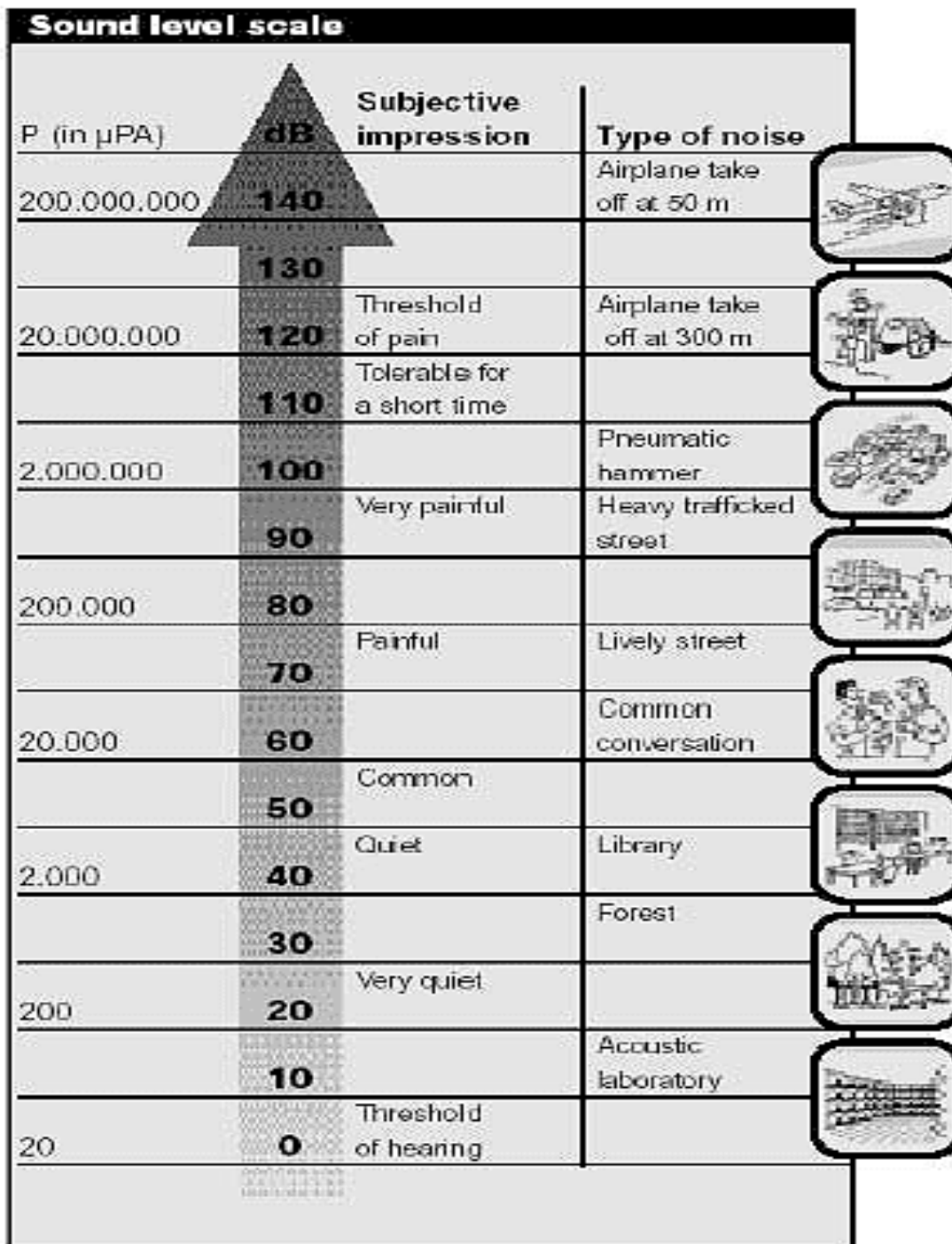
- στα 60-65 db(A), η ενόχληση αυξάνεται ραγδαία

- 65 db(A) και άνω, αρχίζουν να εμφανίζονται προβλήματα στη συμπεριφορά

Κατά την περίοδο της νύχτας, σαφώς τα επίπεδα αυτά πρέπει να είναι 10-15 db(A) χαμηλότερα. Να επαναλάβουμε εδώ, πως το χρονικό διάστημα που ορίζει τη διάρκεια της ημέρας είναι 06:00 π.μ – 22:00 μ.μ (γι αυτό και χρησιμοποιείται συχνά ο όρος 'διάρκεια ημέρας και απογεύματος), ενώ το χρονικό διάστημα που ορίζει τη διάρκεια της νύχτας είναι 22:00 μ.μ – 06:00 π.μ.

Διαφορές στα επίπεδα στάθμης έντασης του θορύβου της τάξεως των 10-15 db(A), παρουσιάζονται και στις διαφορετικής 'ευαισθησίας' περιοχές (π.χ κάποιες κατοικημένες περιοχές δίπλα σε πολυσύχναστους δρόμους ή αεροδρόμια), ενώ διαφορές της τάξεως των 5-10 db(A), εμφανίζονται συήθως στις επανασυντάξεις του σχεδίου, για βελτιώσεις και καλύτερα αποτελέσματα, που βασίζονται σαφώς και στην βελτίωση της μείωσης της εκπομπής του θορύβου από την πηγή.

Τέλος, παρατίθεται ένας πίνακας που συσχετίζει τα επίπεδα θορύβου από συνήθεις πηγές, με τον τρόπο που γίνονται αντιληπτοί στον άνθρωπο, δοσμένα σε τιμές ακουστικής πίεσης (Pa) και τις αντίστοιχες τιμές ηχητικής στάθμης έντασης (db).



Πηγή: Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Healthy Organization)

Εικόνα 3: Πηγές θορύβου και οι αντίστοιχες τιμές στάθμης έντασης και ακουστικής πίεσης. http://www.euro.who.int/Noise/Activities/20030724_1

4.2.4. Μελλοντικοί στόχοι του Π.Ο.Υ για την αντιμετώπιση του θορύβου

Επιπλέον μελλοντικοί στόχοι του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας είναι:

- καθορισμός μελλοντικών ερευνών περί θορύβου με υψηλό βαθμό προτεραιότητας
- οργάνωση εργαστηρίων που θα ασχολούνται με τον τρόπο εφαρμογής των οριακών τιμών
- οργανώσουν συντονισμένες εθνικές προσπάθειες για ανάπτυξη τεχνικών σχεδιασμού για 'περιβάλλοντα υποστήριξης' (*soundscapes*)
- καθορισμός ομάδων και διαδικασιών ελέγχου της αποτελεσματικότητας των σχεδίων δράσης
- ενίσχυση και προτροπή για νέες έρευνες, που να ορίζουν το θόρυβο ως σημαντικό παραγοντα φθοράς του πληθυσμού και του πολιτισμού
- τεχνολογική υποστήριξη και ενημέρωση αναπτυσσόμενων χωρών για ανάπτυξη πολιτικών και ερευνών που να αφορούν στο θόρυβο και την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος

4.3. Ελληνική Νομοθεσία για την προστασία από το θόρυβο

Νόμοι έχουν θεσπιστεί σε διάφορους τομείς, για μείωση της εκπομπής θορύβου άρα και μείωση της ηχορύπανσης στο περιβάλλον και τους δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους αλλά και τους χώρους εργασίας. Τέτοιοι τομείς είναι η πολεοδομία (ηχομόνωση κτιρίων), η βιομηχανία (προστασία των εργαζομένων αλλά και των κατοίκων της γειτονικής περιοχής από τις εκπομπές θορύβου λόγω εξοπλισμού κ.α.), στα μέσα μαζικής μεταφοράς (αεροδρόμια, σιδηροδρομικοί σταθμοί κτλ) και σε διάφορους εργασιακούς χώρους όπως γεωργικές επιχειρήσεις, δημόσια κ ιδιωτικά εκπαιδευτήρια, χώρους αναψυχής κτλ, για την προστασία της υγείας των εργαζομένων από την έκθεση τους σε θόρυβο και αποφυγή ασθενειών που προκαλούνται από αυτόν, αλλά και την προστασία του ευρέως κοινού που κατοικεί ή συμμετέχει με οποιονδήποτε τρόπο στους επικείμενους χώρους.

Οι κυριότεροι τομείς στους οποίους έχει ομαδοποιηθεί κατά κάποιο τρόπο η νομοθεσία περί θορύβου είναι:

- ο θόρυβος εναέριας κυκλοφορίας
- ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας
- ο σιδηροδρομικός θόρυβος
- ο βιομηχανικός θόρυβος
- ο θόρυβος που προκαλείται από εξοπλισμό προς χρήση σε εξωτερικούς χώρους
- ο θόρυβος που προκαλείται από την πολεοδομία

4.3.1. Νομοθεσία σχετική με έργα και δραστηριότητες που προκαλούν θόρυβο

Τα έργα και οι δραστηριότητες που προκαλούν θόρυβο είναι:

- βιομηχανικές και βιοτεχνικές δραστηριότητες
- λατομικές ή μεταλλευτικές δραστηριότητες
- εργοτάξια
- εργαστήρια
- μηχανολογικές εγκαταστάσεις

- επιχειρήσεις μεταφορών
- αθλητικοί χώροι
- κέντρα διασκεδάσεως
- θέατρα
- κινηματογράφοι
- χώροι ψυχαγωγίας

Όλα τα παραπάνω κατατάσσονται σε κατηγορίες που ορίζει άρθρο του νόμου για την προστασία του περιβάλλοντος από έργα και δραστηριότητες, με απόφαση του αρμόδιου Υπουργείου.

Οι κατηγορίες κατάταξης είναι τρεις:

- i) Έργα και δραστηριότητες που λόγω της φύσης, του μεγέθους ή της έκτασής τους είναι πιθανόν να προκαλέσουν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Σε αυτά τα έργα, εκτός από τους γενικούς όρους και προδιαγραφές, μπορεί να επιβάλλονται και ειδικοί όροι και περιορισμοί, κατά περίπτωση.
- ii) Έργα και δραστηριότητες τα οποία χωρίς να προκαλούν σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον, πρέπει να υποβάλλονται σε γενικές προδιαγραφές, όρους και περιορισμούς, που προβλέπονται από ανάλογες κανονιστικές διατάξεις.
- iii) Έργα και δραστηριότητες που προκαλούν μικρές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Ωστόσο, κάθε κατηγορία μπορεί να κατατάσσεται σε υποκατηγορίες ή ομάδες, σύμφωνα με τα παρακάτω κριτήρια:

- α) το είδος και το μέγεθος του έργου ή της δραστηριότητας
- β) το είδος και η ποσότητα των ρύπων που εκπέμπονται (καθώς και κάθε άλλη επίδραση στο περιβάλλον
- γ) η δυνατότητα να προληφθεί η παραγωγή των ρύπων από την εφαρμοζόμενη παραγωγική διαδικασία
- δ) ο κίνδυνος σοβαρού ατυχήματος και η ανάγκη υποβολής περιορισμών

Εάν κάποιο έργο ή δραστηριότητα δεν είναι κατεταγμένο σε κάποια από τις δύο πρώτες κατηγορίες (i και ii), αλλά η αδειοδοτούσα αρχή θεωρεί ότι λόγω των επιπτώσεων στο περιβάλλον πρέπει να καταταγεί σε κάποια από αυτές, έχει το δικαίωμα

να στείλει αίτηση στο Υπουργείο. Από εκεί, με απόφαση του Γενικού Διευθυντή, εάν εγκριθεί η αίτηση, θα εκδοθεί μέσα σε είκοσι μέρες απόφαση με την οποία θα επιβάλλεται προσωρινή κατάταξη σε μία από τις δύο κατηγορίες. Κατόπιν, το έργο ή η δραστηριότητα θα υποβληθεί στους αντίστοιχους όρους και προδιαγραφές.

Επίσης, ανάλογα την περιοχή ή το φυσικό αποδέκτη των ρύπων και των οχλήσεων, η κατάταξη των έργων και των δραστηριοτήτων μπορεί να διαφοροποιηθεί, λαμβάνοντας υπόψη και τα εγκεκριμένα χωροταξικά ή ρυθμιστικά σχέδια, τα πολεοδομικά σχέδια, οι θεσμοθετημένες ζώνες χρήσεως γης ή άλλες κανονιστικές διατάξεις, που αφορούν στην προστασία του περιβάλλοντος.

Επίσης, κατά τη φάση λειτουργίας τους, μπορεί κάποια έργα ή δραστηριότητες να κατατάσσονται σαν υψηλής, μέσης και χαμηλής όχλησης. Έτσι εξετάζεται:

α) τα αναμενόμενα επίπεδα θορύβου (σε db), για κανόνικη και εντατική λειτουργία (δηλαδή για ημέρα και νύχτα), σε χαρακτηριστικά σημεία του ορίου ιδιοκτησίας.

β) τα χαρακτηριστικά του θορύβου:

- συνεχής ή όχι και πόσο χρονικό διαστήμα καλύπτει και στις δύο περιπτώσεις την ημέρα και τη νύχτα.

- με ειδικά χαρακτηριστικά όπως γδούπος, κρότος κτλ και αν είναι τέτοια ώστε να προσελκύουν την προσοχή.

- αν έχει ορισμένους ενδιάκριτους συνεχείς τόνους, όπως βόμβους, συριγμούς κτλ.

γ) αν είναι εφικτή η πρόληψη του θορύβου στην πηγή αυτού.

δ) εάν πρόκειται για δόνηση, εξετάζεται η χρονική συχνότητα αυτής και οι αιτίες που την προκαλούν.

Με κοινή απόφαση, λοιπόν, του αρμόδιου Υπουργείου και του κατά περίπτωση αρμόδιου Υπουργού, μπορεί να επιβάλλονται περιορισμοί και μέτρα προστασίας στα αναφερόμενα έργα και δραστηριότητες, όπως:

- οριακή τιμή στάθμης έντασης θορύβου στο περιβάλλον που επηρεάζεται από τα έργα αυτά και τις δραστηριότητες

- τρόπος μέτρησης της στάθμης του θορύβου

- τεχνικά μέτρα μείωσης του ήχου και των δονήσεων

- μέθοδοι μέτρησης της απόδοσης των έργων και δραστηριοτήτων

- ωράρια λειτουργίας
- εγκατάσταση οργάνων παρακολούθησης της στάθμης θορύβου
- ελάχιστες αποστάσεις από κατοικίες ή δημόσιους χώρους

Με παρόμοια απόφαση και κατόπιν εισήγησης της Τοπικής Αυτοδιοίκησης ή της αρμόδιας υπηρεσίας του υπουργείου και γνώμη του Νομαρχιακού Συμβουλίου, μπορεί να οριστούν αντιθορυβικές ζώνες. Αυτή η απόφαση βασίζεται σε ειδική μελέτη με προδιαγραφές που καθορίζονται από το ίδιο το Υπουργείο, ενώ η εκπόνηση αυτής της μελέτης μπορεί να γίνει από το τελευταίο ή κάποιο άλλο φορέα του δημόσιου τομέα ή και από τον οικείο οργανισμό τοπικής αυτοδιοίκησης. Οι περιοχές στις οποίες μπορεί να ορίζονται αντιθορυβικές ζώνες είναι:

- γύρω από ήδη υπάρχουσες ή νέες βιομηχανικές περιοχές
- γύρω ή κατά μήκος χώρων όπου κινούνται μέσα μεταφοράς (κυρίως δρόμοι, λιμάνια, αεροδρόμια)
- γύρω από αρχαιολογικούς ή ιστορικούς χώρους και τοπία
- γύρω από κατοικημένες περιοχές ή ανάπαυσης, νοσηλείας, εκπαίδευσης και πολιτιστικών εκδηλώσεων

Με την παραπάνω απόφαση καθορίζονται επίσης :

- τα γεωγραφικά όρια ζώνης
- τα αντιθορυβικά μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται βάσει των επιτρεπόμενων φόρτων θορύβου, που καθορίζονται στα προεδρικά διατάγματα
- οι υπόχρεοι εφαρμογής των μέτρων
- τα κριτήρια χωροθέτησης νέων εγκαταστάσεων ή δραστηριοτήτων
- οι όροι και οι προϋποθέσεις περαιτέρω ανάπτυξης και άλλων δραστηριοτήτων μέσα στην αντιθορυβική ζώνη

Όσον αφορά τώρα, τους εργασιακούς χώρους, το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, όπως αναφέρεται ιδιαίτερα στο άρθρο 118 Α της Συνθήκης για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας (ΕΟΚ), οφείλει να θεσπίζει με οδηγίες, τις ελάχιστες προδιαγραφές για τη βελτίωση του περιβάλλοντος εργασίας, με στόχο την εξασφάλιση υψηλότερου επιπέδου προστασίας της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων. Σύμφωνα με την οδηγία του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Κοινότητας,

στις 12 Ιουνίου 1989¹³, έγινε λόγος για την προστασία της υγείας των εργαζομένων.

4.4. Προστασία της υγείας των εργαζομένων

4.4.1. Οδηγία 89/391/ΕΟΚ

Στην Οδηγία της Ευρωπαϊκής Κοινότητας 89/391/ΕΟΚ, γίνεται λόγος για την προστασία της υγείας των εργαζομένων από πάσης φύσεως κινδύνους (εκπομπές διαφόρων ρύπων, διάφοροι τύποι επαγγελματικών ασθενειών, ατυχήματα κτλ).

Σύμφωνα με αυτήν την οδηγία, σε γενικές γραμμές :

- θεσπίζονται οι ελάχιστες προδιαγραφές για τη βελτίωση του περιβάλλοντος εργασίας, με στόχο την εξασφάλιση υψηλότερου επιπέδου προστασίας της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων.
- θεσπίζονται γενικές αρχές σχετικά με την πρόληψη των επαγγελματικών κινδύνων και την προστασία της ασφάλειας και της υγείας, την εξάλειψη των συντελεστών κινδύνου και ατυχημάτων, την ενημέρωση, τη διαβούλευση, την ισόρροπη συμμετοχή σύμφωνα με τις εθνικές νομοθεσίες ή/και πρακτικές, την κατάρτιση των εργαζομένων και των εκπροσώπων τους, καθώς και τους κανόνες για την εφαρμογή των γενικών αυτών αρχών.
- το περιεχόμενο της εφαρμόζεται σε όλους τους δημόσιους ή ιδιωτικούς τομείς δραστηριοτήτων (βιομηχανικές, γεωργικές, εμπορικές, διοικητικές, εκπαιδευτικές, πολιτιστικές δραστηριότητες, δραστηριότητες παροχής υπηρεσιών, αναψυχής κλπ.) εκτός και αν δεν το επιτρέπουν εγγενείς ιδιαιτερότητες ορισμένων δραστηριοτήτων του δημόσιου τομέα, π.χ. στις ένοπλες δυνάμεις ή στην αστυνομία, ή ορισμένων συγκεκριμένων δραστηριοτήτων στις υπηρεσίες πολιτικής άμυνας, όπου στις τελευταίες περιπτώσεις πρέπει να εξασφαλίζεται, όσο το δυνατόν, η ασφάλεια και η υγεία των εργαζομένων, έχοντας υπόψη τους στόχους της παρούσας οδηγίας.
- οριοθετεί τις ευθύνες των εργοδοτών αλλά και των εργαζομένων για τη σωστή και ομαλή λειτουργία της υποκείμενης επιχείρισης στις διατάξεις της συγκεκριμένης Οδηγίας, για τη σωστή πρόληψη και προστασία.

Συγκεκριμένα,

1) υποχρεούται κάθε εργοδότης

¹³ Οδηγία 89/391/ΕΟΚ. Επίσημη Εφημερίδα του κράτους αρ. L 183 της 29/06/1989, σ. 0001-0008,

- να λαμβάνει ή να βελτιώνει, χωρίς καθυστέρηση, προληπτικά μέτρα για τη διαφύλαξη της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων, ώστε να εξασφαλισθεί ένα καλύτερο επίπεδο προστασίας, να ενημερώνεται για κάθε τεχνική πρόοδο και επιστημονικές γνώσεις σχετικά με το σχεδιασμό των θέσεων εργασίας, με τις οποίες θα μπορούσε να βελτιώσει τα μέτρα και τις τεχνικές προστασίας.

- να αναλαμβάνει την οργάνωση και την παροχή των αναγκαίων μεσών, καθώς και να ενημερώνει κάθε εργαζόμενο για όλα τα παραπάνω.

- να επιζητεί τη διαβούλευση των εργαζομένων, ουτως ώστε να βελτιώνει και να διορθώνει μέσα και τεχνικές, να παρέχει ειδική εκπαίδευση και κατάρτιση καθώς και απαραίτητες εξετάσεις υγείας για την επιλογή της θέσεως στην οποία θα απορροφηθεί κάθε εργαζόμενος

- να εφαρμόζει τα μέτρα που προβλέπονται βάσει των ακόλουθων γενικών αρχών πρόληψης, όπως χαρακτηρίστικα αναφέρεται στην Οδηγία:

α) αποφυγή των κινδύνων

β) εκτίμηση των κινδύνων που δεν μπορούν να αποφευχθούν

γ) καταπολέμηση των κινδύνων στην πηγή τους

δ) προσαρμογή της εργασίας στον άνθρωπο, ειδικότερα όσον αφορά τη διαμόρφωση των θέσεων εργασίας καθώς και την επιλογή των εξοπλισμών εργασίας και των μεθόδων εργασίας και παραγωγής, προκειμένου ιδίως να μετριασθεί η μονότονη και ρυθμικά επαναλαμβανόμενη εργασία και να μειωθούν οι επιπτώσεις της στην υγεία

ε) παρακολούθηση της εξέλιξης της τεχνικής

στ) αντικατάσταση του επικίνδυνου από το μη επικίνδυνο ή το λιγότερο επικίνδυνο

ζ) προγραμματισμός της πρόληψης με στόχο ένα συνεκτικό σύνολο που να ενσωματώνει στην πρόληψη την τεχνική, την οργάνωση της εργασίας, τις συνθήκες εργασίας, τις σχέσεις μεταξύ των κοινωνικών εταίρων και την επίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος στην εργασία

η) προτεραιότητα στη λήψη μέτρων ομαδικής προστασίας σε σχέση με τα μέτρα ατομικής προστασίας

θ) παροχή των κατάλληλων οδηγιών στους εργαζομένους.»

Επίσης, κάθε εργοδότης μπορεί να αναθέσει την οργάνωση αυτών των μέτρων πρόληψης και προστασίας, την επίβλεψη και όλα τα σχετικά σε κάποιον εκπρόσωπο του.

Ωστόσο, σύμφωνα με την οδηγία, υπάρχει η δυνατότητα τα κράτη μέλη να προβλέπουν την ολική ή μερική απαλλαγή των εργοδοτών από την ευθύνη για συμβάντα οφειλόμενα σε ξένες προς αυτούς, ανώμαλες και απρόβλεπτες συνθήκες, ή σε έκτακτα γεγονότα, οι συνέπειες των οποίων δεν θα μπορούσαν να έχουν αποφευχθεί, παρ' όλη την επιδειχθείσα επιμέλεια.

Όσον αφορά τώρα, επιχειρήσεις που συστεγάζονται, οι εργοδότες οφείλουν να συνεργάζονται για την εφαρμογή των παραπάνω διατάξεων και να συντονίζουν τις δραστηριότητές τους για την προστασία ή/και την πρόληψη των επαγγελματικών κινδύνων, να αλληλοενημερώνονται για τους κινδύνους αυτούς και να ενημερώνει ο καθένας τους, τους εργαζομένους ή/και τους αντιπροσώπους τους.

Τα μέτρα για την ασφάλεια, την υγιεινή και την υγεία κατά την εργασία, όπως και την ειδική εκπαίδευση, κατάρτιση και τις ιατρικές εξετάσεις, δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να συνεπάγονται την οικονομική επιβάρυνση των εργαζομένων.

2) Κάθε εργαζόμενος, υποχρεούται:

- να φροντίζει ανάλογα με τις δυνατότητές του, για την ασφάλεια και την υγεία του, καθώς και για την ασφάλεια και την υγεία των άλλων ατόμων που επηρεάζονται από τις πράξεις ή παραλείψεις του κατά την εργασία σύμφωνα με την εκπαίδευσή του και τις κατάλληλες οδηγίες του εργοδότη του, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στην Οδηγία:

«α)να χρησιμοποιούν σωστά τις μηχανές, τις συσκευές, τα εργαλεία, τις επικίνδυνες ουσίες, τα μεταφορικά και άλλα μέσα

β)να χρησιμοποιούν σωστά τον ατομικό προστατευτικό εξοπλισμό που τίθεται στη διάθεσή τους και, μετά τη χρήση, να τον τακτοποιούν στη θέση του

γ)να μη θέτουν εκτός λειτουργίας, αλλάζουν ή μετατοπίζουν αυθαίρετα τους μηχανισμούς ασφάλειας των μηχανών, εργαλείων, συσκευών, εγκαταστάσεων και κτιρίων και να χρησιμοποιούν σωστά αυτούς τους μηχανισμούς ασφαλείας

δ)να αναφέρουν αμέσως στον εργοδότη ή/και στους εργαζομένους που εκτελούν ειδικά καθήκοντα στον τομέα της προστασίας της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων, όλες τις καταστάσεις που μπορεί να θεωρηθεί εύλογο ότι παρουσιάζουν άμεσο και σοβαρό κίνδυνο για την ασφάλεια και την υγεία, καθώς και κάθε έλλειψη που διαπιστώνεται στα συστήματα προστασίας

ε)να συντρέχουν, σύμφωνα με τις εθνικές πρακτικές, τον εργοδότη ή/και τους εργαζομένους που εκτελούν ειδικά καθήκοντα στον τομέα της προστασίας της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων, όσον καιρό χρειαστεί, ώστε να καταστεί δυνατή η εκπλήρωση όλων των καθηκόντων ή απαιτήσεων που επιβάλλονται από την αρμόδια αρχή για την προστασία της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατά την εργασία

στ)να συντρέχουν, σύμφωνα με τις εθνικές πρακτικές, τον εργοδότη ή/και τους εργαζομένους που εκτελούν ειδικά καθήκοντα στον τομέα της προστασίας της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων, όσον καιρό χρειαστεί, ώστε ο εργοδότης να μπορεί να εγγυηθεί ότι το περιβάλλον και οι συνθήκες εργασίας είναι ασφαλείς και χωρίς κινδύνους για την ασφάλεια και την υγεία εντός του πεδίου δραστηριότητάς τους.»

4.4.2. Οδηγία 86/188/ΕΟΚ

Στην Οδηγία 86/188/ΕΟΚ¹⁴ της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, γίνεται λόγος για την προστασία των εργαζομένων συγκεκριμένα από τον κινδύνους της έκθεσής τους σε θόρυβο, κατά τη διάρκεια της εργασίας τους, όπου απειλείται η ακοή τους και η γενική υγεία και ασφάλειά τους.

Σύμφωνα με την Οδηγία αυτήν, θα πρέπει:

- να γίνονται μετρήσεις για την 'ημερήσια έκθεση' και 'εβδομαδιαία μέση τιμή έκθεσης' σε θόρυβο κάθε εργαζόμενου ατόμου, σε συγκεκριμένη θέση ακίνητο ή κινούμενο σε ορισμένο χώρο. Η μέτρηση αυτή γίνεται με μικρόφωνο το οποίο τοποθετείται στην υποτιθέμενη θέση των αυτιών του ατόμου (κατά την απουσία του προτιμάται η λήψη), και υπολογίζεται με συγκεκριμένες μαθηματικές εξισώσεις δίνοντας το αποτέλεσμα σε decibel (db).

Οι μετρήσεις αυτές θα πρέπει να γίνονται σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, ενώ οι μέθοδοι και όργανα πρέπει να είναι κατάλληλα προσαρμοσμένα στις υφιστάμενες συνθήκες, λαμβάνοντας ιδίως υπόψη τα χαρακτηριστικά του μετρούμενου θορύβου, τη διάρκεια της έκθεσης, τους παράγοντες του περιβάλλοντος και τα χαρακτηριστικά των οργάνων μέτρησης. Αφότου εκτιμηθεί ο θόρυβος, πρέπει να υπάρξουν οι κατάλληλες προϋποθέσεις που ορίζονται στην Οδηγία, για την εξασφάλιση υγιούς χώρου εργασίας και να τηρούνται τα επιτρεπόμενα όρια έκθεσης και εκπομπής του θορύβου.

Επίσης, πρέπει να γίνεται καταγραφή των αποτελεσμάτων των μετρήσεων και ο γιατρός ή/και η υπεύθυνη αρχή, όπως και οι εργαζόμενοι ή/και οι εκπρόσωποί τους στην επιχείρηση, να έχουν πρόσβαση στα στοιχεία αυτά σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία και πρακτική και να έχουν τις απαραίτητες διευκρινήσεις, ούτως ώστε να μπορεί να γίνει αξιόπιστος έλεγχος για τυχόν υπέρβασης των επιτρεπόμενων ορίων και διατάξεων.

Όταν η ημερήσια ατομική ηχοέκθεση ενός εργαζόμενου ή η μέγιστη τιμή της στιγμιαίας μη σταθμισμένης ηχητικής πίεσης είναι πιθανό να υπερβούν τα **85 dB (A)**, λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα για να εξασφαλιστεί ότι θα υπάρξει η κατάλληλη ενημέρωση και εκπαίδευση στους εργαζομένους, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στην Οδηγία για:

*«- τους πιθανούς κινδύνους που διατρέχει η ακοή τους από τη ηχοέκθεση,
- τα μέτρα που λαμβάνονται κατ' εφαρμογή της παρούσας οδηγίας,
- την υποχρέωσή τους να συμμορφώνονται με τα προστατευτικά και προληπτικά μέτρα σύμφωνα με την εθνική νομοθεσία,*

¹⁴ Οδηγία 86/188/ΕΟΚ. Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 137 της 24/05/1986 σ. 0028 - 0034

- τη χρησιμοποίηση ατομικών ακοοπροστατευτικών μέσων και το ρόλο της παρακολούθησης της λειτουργίας της ακοής. Τα ακοοπροστατευτικά μέσα πρέπει να είναι προσαρμοσμένα στον κάθε εργαζόμενο και στις συνθήκες εργασίας του λαμβάνοντας υπόψη την ασφάλεια και την υγεία του.»

Με τα ακοοπροστατευτικά μέσα σαφώς, αναμένεται μικρότερη επίδραση στην ακοή του εργαζομένου, ενώ κύριος στόχος παραμένει η μείωση της εκπομπής θορύβου από την πηγή ή μείωση της ατομικής έκθεσης. Όταν αυτά δεν είναι εφικτά, ο εργαζόμενος δικαιούται την τακτική παρακολούθηση της υγείας του από το γιατρό εργασίας ή ακόμη και από ειδικευμένο γιατρό για την έγκαιρη διάγνωση οποιασδήποτε μείωσης της ακοής που οφείλεται στο θόρυβο και η διατήρηση της λειτουργίας της ακοής.

Στις θέσεις εργασίας όπου η ημερήσια ατομική ηχοέκθεση του εργαζομένου είναι δυνατό να υπερβαίνει τα **90 dB (A)**, η ενημέρωση πρέπει να παίρνει τη μορφή κατάλληλης σήμανσης και οι θέσεις αυτές θα πρέπει να οριοθετούνται, ενώ η είσοδος σ' αυτές να υπόκειται σε περιορισμούς, αν ο κίνδυνος της ηχοέκθεσης το δικαιολογεί (και αν τα μέτρα αυτά βεβαίως είναι εφικτά). Επίσης, πρέπει να προσδιορίζονται οι λόγοι της υπέρβασης αυτής και ο εργοδότης να καταρτίζει και να εφαρμόζει ένα πρόγραμμα τεχνικών μέτρων ή/και μέτρων οργάνωσης της εργασίας για να μειωθεί η ηχοέκθεση των εργαζόμενων ατόμων, ενώ οι τελευταίοι να είναι ενήμεροι ανά πάσα στιγμή για τις αντίστοιχες συνθήκες.

Ωστόσο, και στην περίπτωση αυτή θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ατομικά ακοοπροστατευτικά μέσα που παρέχουν τον υψηλότερο βαθμό προστασίας που είναι εύλογα εφικτός.

Όσον αφορά τα κράτη-μέλη, για την εξασφάλιση την αποφυγή των παραπάνω, θα πρέπει να λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται:

«α) κατά το σχεδιασμό, την κατασκευή ή/και την πραγματοποίηση νέων εγκαταστάσεων (νέα εργοστάσια, εγκαταστάσεις ή μηχανήματα, ουσιαστικές επεκτάσεις ή τροποποιήσεις υφισταμένων εργοστασίων ή εγκαταστάσεων, αντικατάσταση εγκαταστάσεων ή μηχανημάτων) τηρούνται οι διατάξεις του άρθρου 5 παράγραφος 1 της παρούσας Οδηγίας.

β) όταν μια νέα διάταξη (εργαλείο, μηχανήμα, συσκευή κλπ.) που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί κατά την εργασία ενδέχεται να προκαλέσει στον εργαζόμενο που τη χρησιμοποιεί με τον ενδεδειγμένο τρόπο κατά το συμβατικό οκτώωρο εργασίας, ημερήσια ατομική ηχοέκθεση ίση ή ανώτερη από 85 dB (A) ή μια στιγμιαία μη σταθμισμένη ηχητική πίεση ίση ή ανώτερη από 200 Pa, θα υπάρχει διαθέσιμη επαρκής πληροφόρηση για τον προκαλούμενο θόρυβο σε συγκεκριμένες συνθήκες χρησιμοποίησης.»

Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, όπου δεν είναι εφικτό να μειωθεί, με τεχνικά μέσα ή με μέτρα οργάνωσης της εργασίας, η ημερήσια ατομική ηχοέκθεση σε τιμές κάτω από 90 dB (A) και να εξασφαλισθεί ότι τα ατομικά ακοοπροστατευτικά μέσα είναι επαρκή και κατάλληλα, τα κράτη μέλη μπορούν να επιτρέψουν παρεκκλίσεις από τη διάταξη αυτή για περιορισμένα χρονικά διαστήματα, που μπορούν όμως να ανανεώνονται, αλλά και παρεκκλίσεις για εργαζόμενους σε ειδικές εργασίες, οι οποίες όμως πρέπει να συνοδεύονται από όρους που θα εξασφαλίζουν την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που προκύπτουν απ' αυτές. Και αυτές φυσικά, επανεξετάζονται περιοδικά και ανακαλούνται, μόλις αυτό είναι εύλογα εφικτό. Η γενική επισκόπηση των παρεκκλίσεων αυτών θα πρέπει να διαβιβάζονται κάθε δύο χρόνια στην Επιτροπή.

Οι μετρήσεις της ηχοέκθεσης θα πρέπει να γίνονται

-με κατάλληλα ηχόμετρα, τα οποία θα πληρούν ορισμένες προδιαγραφές

ή

- με κατάλληλες υπολογιστικές μεθόδους, βάσει των αποτελεσμάτων των μετρήσεων της ηχητικής πίεσης και της διάρκειας έκθεσης και σε ενδεδειγμένα σημεία με παρουσία ή απουσία του ατόμου. Οι μετρήσεις πρέπει να γίνονται καθημερινά, στην αρχή και το τέλος της εργασίας, με τα ίδια όργανα και σταίδια σημεία.

Η εξέταση κάθε ατόμου θα πρέπει να περιλαμβάνει οπωσδήποτε ακοομέτρηση (που να τηρεί τις προϋποθέσεις του προτύπου ISO 6189-1983) και να γίνεται αρχικά –κατά την πρόσληψή του εργαζομένου (για διάγνωση τυχούσας προϋπάρχουσας βλάβης ή σχετικής ασθένειας) και στη συνέχεια σε καθημερινή βάση, πριν και μετά την εργασία, αν έχει διαπιστωθεί επικίνδυνη έκθεση. Στην περίπτωση που η καθημερινή ηχοέκθεση του ατόμου δεν ξεπερνά τα 90 db, θα πρέπει να γίνονται περιοδικές εξετάσεις κάθε 5 έτη (και όχι συχνότερα).

Στα Παραρτήματα I και II, της Οδηγίας 86/188/ΕΟΚ¹⁵, αναφέρονται αναλυτικά:

α) οι τρόποι μέτρησης, όπως αυτοί καθορίζονται από την ΕΟΚ

και

β) οι ενδείξεις για την ιατρική παρακολούθηση της ακοής των εργαζομένων, όπως αυτές καθορίζονται από την ΕΟΚ.

¹⁵ Διαθέσιμη στην ηλεκτρονική διεύθυνση:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31986L0188:EL:HTML>

4.4.3. Οδηγία 2003/10/ΕΚ

Ως επέκταση του πεδίου εφαρμογής της παραπάνω Οδηγίας (86.188.ΕΟΚ) περί της προστασίας των εργαζομένων από την έκθεσή τους σε θόρυβο, συντάχθηκε η Οδηγία 2003/10/ΕΚ¹⁶ της Ευρωπαϊκής Κοινότητας περί της προστασίας των εργαζομένων που εκτίθενται σε επιβλαβής φυσικούς παράγοντες όπως ο θόρυβος¹⁷ και οι κραδασμοί¹⁸.

Σκοπός της συγκεκριμένης Οδηγίας (2003/10/ΕΚ), είναι:

«να καθορίζει τις ελάχιστες προδιαγραφές όσον αφορά την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους για την ασφάλεια και την υγεία τους, που προκύπτουν ή ενδέχεται να προκύψουν λόγω της έκθεσης στο θόρυβο, και συγκεκριμένα από τους κινδύνους για την ακοή.»

και αναφέρεται ξεκάθαρα πως:

«Οι υπάρχουσες επιστημονικές γνώσεις σχετικά με τις επιπτώσεις στην υγεία και στην ασφάλεια από την έκθεση στο θόρυβο δεν επιτρέπουν τον ακριβή καθορισμό επιπέδων έκθεσης που να καλύπτουν όλους τους κινδύνους για την υγεία και την ασφάλεια, ιδίως όσον αφορά τις επιπτώσεις του θορύβου που δεν συνδέονται με απώλεια της ακοής.»

, πραγματά που αποτελεί και έναν κύριο λόγο για τον οποίο οι σχετικές Οδηγίες αναφέρονται στις «ελάχιστες προδιαγραφές», περί εξασφάλισης της προστασίας των εργαζομένων στο επίπεδο που αυτό είναι εφικτό. Επίσης, πρωταρχικός στόχος για έναν υγιή χώρο εργασίας, είναι να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα προστασίας από το σχεδιασμό των χώρων και θέσεων εργασίας, καθώς και να επιλεγθούν ο κατάλληλος εξοπλισμός και οι κατάλληλες μέθοδοι εργασίας ούτως ώστε να επιτευχθεί όσο το δυνατόν η μείωση του θορύβου εκ της πηγής. Θα πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι υπάρχει συγκεκριμένος πλέον κώδικας για τα επίπεδα θορύβου σε σκάφη, στο ψηφίσμα Α 468-παράγραφος 12, του διεθνούς ναυτιλιακού οργανισμού, όπου παρέχεται καθοδήγηση για επίτευξη μείωσης του θορύβου στην πηγή επί των σκαφών.

Οι μετρήσεις για την εκπομπή του θορύβου στους συγκεκριμένους χώρους θα πρέπει να είναι αντικειμενικές και σύμφωνες με τα σχετικά πρότυπα ISO, και θα πρέπει να ορίζονται αντικειμενικές και συγκεκριμένες κατώτατες και ανώτατες τιμές έκθεσης, ώστε να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα.

¹⁶ Οδηγία 2003/10/ΕΚ. Επίσημη Εφημερίδα αριθ. L 042 της 15/02/2003 σ. 0038 – 0044.

¹⁷ Οδηγία 2003/10/ΕΚ, (ειδική οδηγία κατά την έννοια του άρθρου 16 παράγραφος 1 της οδηγίας 89/391/ΕΟΚ), ΕΕ L 42 ΤΗΣ 15.2.2003, σ.39.

¹⁸ Οδηγία 2002/44/ΕΚ (16^η ειδική οδηγία κατά την έννοια του άρθρου 16 παράγραφος 1 της οδηγίας 89/391/ΕΟΚ), ΕΕ L 177 της 6.7.2002, σ. 13.

Επίσης, απαιτείται η ύπαρξη οριακών τιμών έκθεσης σε θόρυβο, για την πρόληψη ανεπανόρθωτων βλαβών στην ακοή των εργαζομένων, έχοντας υπ όψη και ότι ο θόρυβος που καταφθάνει στο αυτί πρέπει να είναι χαμηλότερος από τις οριακές τιμές έκθεσης.

Όροι

Οι όροι που χρησιμοποιούνται σε αυτήν την Οδηγία είναι οι:

- *αιχμή ηχητικής πίεσης (P-peak)*, που αποτελεί τη μέγιστη τιμή της στιγμιαίας πίεσης, σε db(C), (σταθμισμένης κατά συχνότητα θορύβου)
- *ημερήσιο επίπεδο έκθεσης στο θόρυβο ($L_{EX,8h}$)* [στάθμη έντασης σε db(A) σε 8ωρη έκθεση, με πίεση αναφοράς 20 μPa), που αφορά στο μέσο όρο επιπέδων έκθεσης σε θόρυβο κατά τη διάρκεια 8ωρης εργασίας, σε μία εργάσιμη ημέρα.
- *εβδομαδιαίο επίπεδο έκθεσης σε θόρυβο ($L_{X,8h}$)* [σε db(A), με πίεση αναφοράς 20 μPa), που αφορά στο μέσο όρο των ημερησίων επιπέδων έκθεσης κατά τη διάρκεια μίας εργάσιμης εβδομάδος, δηλαδή πέντε 8ωρων εργάσιμων ημερών¹⁹.

Τεχνικοί όροι

- Η 'ημερήσια ατομική έκθεση' ενός εργαζομένου σε θόρυβο, εκφράζεται ως εξής:

$$L_{EX,h} = LA_{eq, Te} + 10 \log_{10} Te/T_0$$

, όπου

$$L_{A_{eq, Te}} = \log_{10} \left\{ \frac{1}{Te} \int_0^{Te} \left[\frac{PA(t)}{P_0} \right]^2 dt \right\}$$

και Te : η χρονική διάρκεια της ατομικής έκθεσης ενός εργαζομένου

T_0 : χρονική διάρκεια αναφοράς ατομικής έκθεσης που ισοδυναμεί με 8 ώρες (δηλ 28.800 δευτερόλεπτα)

PA = η στιγμιαία A-σταθμισμένη ηχητική πίεση στην οποία εκτίθεται ο εργαζόμενος, σε Pascal

¹⁹ Όπως καθορίζεται στο διεθνές πρότυπο ISO 1999:1990, σημείο 3.6, υποσημείωση 2

- η 'εβδομαδιαία ατομική έκθεση' ενός εργαζομένου σε θόρυβο, εκφράζεται ως εξής:

$$L_{EP,W} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{5} \sum_{k=2}^m 10^{0.1(L_{EP,d^k})} \right]$$

, όπου $L_{ep,d}$: οι τιμές της 'ημερησίας στάθμης έκθεσης' L_{ex} , T για κάθε μία ημέρα

Και m: ημέρες εργασίας της υπόψη εβδομάδος

Οριακές τιμές έκθεσης

Σύμφωνα με το άρθρο 3 της Οδηγίας, οι «οριακές τιμές έκθεσης και τιμές έκθεσης για την ανάληψη δράσης» καθορίζονται ως εξής:

• για την 'ημερήσια ατομική έκθεση' ενός εργαζομένου σε θόρυβο:

- οριακές τιμές στάθμης έκθεσης: $L_{EX,8h} = 87$ dB(A) και peak = 200 Pa (140 dBc στα 20 μPa)
αντιστοίχως

- ανώτερες τιμές στάθμης έκθεσης: $L_{EX,8h} = 85$ dB(A) και peak = 140 Pa (137 dBc στα 20 μPa), αντιστοίχως

- κατώτερες τιμές στάθμης έκθεσης: $L_{EX,8h} = 80$ dB(A) και peak = 112 Pa (135 dBc στα 20 μPa), αντιστοίχως

• για την 'εβδομαδιαία ατομική έκθεση' ενός εργαζομένου σε θόρυβο:

- ανώτερη τιμή στάθμης έκθεσης: $L_x,8h = 87$ dB(A)

Ο καθορισμός βεβαίως της πραγματικής έκθεσης του εργαζομένου εξαρτάται και από τα ατομικά μέτρα που πιθανόν να έχει λάβει, όπως για παράδειγμα χρήση ωτοασπίδων. Τα ατομικά όμως μέτρα δεν συνυπολογίζονται για τις τιμές «ανάληψης δράσης».

Στις περιπτώσεις, που η έκθεση σε θόρυβο διαφέρει σημαντικά από μέρα σε μέρα, χρησιμοποιούνται τα επίπεδα εβδομαδιαίας έκθεσης, που δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 87 dB(A) και να λαμβάνονται τα αντίστοιχα μέτρα, για τις δραστηριότητες που προκαλούν αυτά τα υψηλά επίπεδα εκπομπής θορύβου, με σκοπό τη μείωση του τελευταίου.

Οι μέθοδοι και οι μετρήσεις, όπως ορίζονται στις Οδηγίες, σχεδιάζονται και εκτελούνται από τις αρμόδιες υπηρεσίες ή πρόσωπα, σε τακτά χρονικά διαστήματα (σύμφωνα με το άρθρο 7 της Οδηγίας 89/391/ΕΟΚ) και τα στοιχεία που προκύπτουν διαφυλάσσονται σε κατάλληλο μέρος και μορφή, ούτως ώστε να μπορεί οποιοσδήποτε ενδιαφερόμενος, να έχει πρόσβαση σε αυτά. Ωστόσο, κατά την εκτίμηση των αποτελεσμάτων κάθε μέτρησης πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη και τα σφάλματα

μετρήσεως, που μπορεί να προκύπτουν από τις συσκευές μέτρησες, τον ανθρώπινο παράγοντα κτλ.

Υποχρεώσεις εργοδότη

Στις υποχρεώσεις του εργοδότη, σύμφωνα με τις συγκεκριμένες Οδηγίες, είναι :

-να εκτιμά τα επίπεδα του θορύβου στον οποίο εκτίθενται οι εργαζόμενοι, καθώς και να μετράει τακτικά τα επίπεδα αυτά, εάν κρίνεται απαραίτητο.

-να εκτιμά τους κινδύνους τους οποίους πιθανόν να διατρέχουν όσοι εκτίθενται σε θόρυβο, ενώ να διαθέτει ειδική εκτίμηση για τις ομάδες που εκτίθενται σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα θορύβου.

-να εξασφαλίζει συσκευές με τις κατάλληλες προδιαγραφές-βάσει νόμου-και τις κατάλληλες μεθόδους μέτρησες, ούτως ώστε να υπάρχουν αξιόπιστα αποτελέσματα.

-να καθορίζει, βάσει των εκτιμήσεων και μετρήσεων, τα μέτρα προστασίας που πρέπει να ληφθούν ή ακόμη και το υλικό που πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

-να ανανεώνει τις εκτιμήσεις σε τακτά χρονικά διαστήματα, ιδιαίτερα όταν έχουν επέλθει σημαντικές μεταβολές, ή εάν το επιβάλλει η επίβλεψη υγείας των εργαζομένων.

ενώ, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται από κάθε εργοδότη, κατά την εκτίμηση των μετρήσεων, στα παρακάτω, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στην Οδηγία 2003/13/ΕΚ:

«α) στο επίπεδο, τον τύπο και τη διάρκεια της έκθεσης, συμπεριλαμβανομένης κάθε έκθεσης σε θόρυβο παλμικού χαρακτήρα·

β) στις οριακές τιμές έκθεσης και στις τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης κατ' άρθρο 3 της παρούσας οδηγίας·

γ) σε οποιοσδήποτε επιπτώσεις αφορούν την υγεία και την ασφάλεια εργαζομένων οι οποίοι ανήκουν σε ιδιαίτερα ευαίσθητες ομάδες κινδύνου·

δ) εφόσον είναι τεχνικά εφικτό, σε οποιοσδήποτε επιπτώσεις στην υγεία και ασφάλεια των εργαζομένων, οι οποίες προκύπτουν από τις αλληλεπιδράσεις θορύβου και σχετικών με την εργασία ωτοτοξικών ουσιών και μεταξύ θορύβου και κραδασμών·

ε) σε οποιοσδήποτε έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων, οι οποίες προκύπτουν από αλληλεπιδράσεις μεταξύ θορύβου και προειδοποιητικών σημάτων ή άλλων ήχων οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη προκειμένου να μειωθούν οι κίνδυνοι ατυχημάτων·

στ) στις πληροφορίες για τον εκπεμπόμενο θόρυβο τις οποίες παρέχουν οι κατασκευαστές εξοπλισμού εργασίας βάσει των συναφών κοινοτικών οδηγιών·

ζ) στην ύπαρξη εναλλακτικών εξοπλισμών που μειώνουν την

εκπομπή θορύβου·

η) στην επέκταση της έκθεσης στο θόρυβο και πέραν του ωραρίου εργασίας με ευθύνη του εργοδότη

θ) σε κατάλληλες πληροφορίες που συγκεντρώνονται κατά την επίβλεψη της υγείας. Στις πληροφορίες αυτές περιλαμβάνονται ει δυνατόν και οι σχετικές δημοσιεύσεις·

ι) στη διαθεσιμότητα εξοπλισμού προστασίας της ακοής με επαρκή χαρακτηριστικά εξασθένησης.»

Μέτρα αποφυγής ή μείωσης της έκθεσης

Ο θόρυβος στον οποίο εκτίθενται οι εργαζόμενοι, πρέπει να μειώνεται όσο το δυνατόν από την πηγή προέλευσής του. Αυτό γίνεται με τη βοήθεια της τεχνολογικής ανάπτυξης και των αξιόπιστων μετρήσεων, βάσει των κατάλληλων διαθέσιμων μέσων και μεθόδων και στη συνέχεια έχοντας υπόψη τα παρακάτω μέτρα πρόληψης, όπως ακριβώς αναφέρονται στην Οδηγία 2003/13/ΕΚ:

«α) άλλες μέθοδοι εργασίας που συνεπάγονται μικρότερη έκθεση στο θόρυβο·

β) επιλογή κατάλληλου εξοπλισμού εργασίας, λαμβάνοντας υπόψη το αντικείμενο της εργασίας, ο οποίος εκπέμπει τον ελάχιστο δυνατό θόρυβο, καθώς και δυνατότητα να παρέχεται στους εργαζομένους εξοπλισμός εργασίας σύμφωνος με την κοινοτική νομοθεσία, με σκοπό ή αποτέλεσμα τη μείωση της έκθεσης στο θόρυβο·

γ) σχεδιασμός και διαμόρφωση των χώρων και θέσεων εργασίας·

δ) επαρκής πληροφόρηση και κατάρτιση για την εκπαίδευση των εργαζομένων όσον αφορά την ορθή χρησιμοποίηση των εξοπλισμών εργασίας για τη μείωση στο ελάχιστο της έκθεσής τους στο θόρυβο·

ε) τεχνική μείωση του θορύβου:

i) μείωση του αερόφερτου θορύβου, ήτοι θωρακίσεις, περιβλήματα, καλύψεις με ηχοαπορροφητικό υλικό·

ii) μείωση του στερεόφερτου θορύβου, π.χ. με απόσβεση ή μόνωση·

στ) κατάλληλα προγράμματα συντήρησης του εξοπλισμού εργασίας, του χώρου εργασίας και των συστημάτων στο χώρο εργασίας·

ζ) μείωση του θορύβου μέσω οργάνωσης της εργασίας:

i) περιορισμός της διάρκειας και της έντασης της έκθεσης·

ii) κατάλληλο πρόγραμμα εργασίας με επαρκείς περιόδους ανάπαυσης.»

Στις θέσεις εργασίας στις οποίες η εκτίμηση της έκθεσης και των κινδύνων είναι σημαντική, θα πρέπει να υπάρχει ειδική σήμανση, καθώς και απαγόρευση εισόδου στους μη έχοντες εργασία εκεί.

Στις περιπτώσεις που έχουμε εργαζόμενους που ανήκουν σε ιδιαίτερα ευαίσθητες ομάδες, θα πρέπει τα προαναφερθέντα μέτρα να προσαρμόζονται στις ανάγκες και απαιτήσεις των παραπάνω ατόμων.

Εάν από τον εργοδότη έχουν ορισθεί χώροι ανάπαυσης, θα πρέπει να υπάρχει ιδιαίτερη μείωση του θορύβου σε αυτούς, βάσει του προορισμού και χρήσης για τα οποία έχουν ορισθεί.

Ατομική προστασία – Περιορισμός έκθεσης

Στις περιπτώσεις που δεν υπάρχουν μέσα και τρόποι να μειωθεί ο θόρυβος, τότε δίδεται το δικαίωμα (όταν η έκθεση υπερβαίνει τις κατώτερες τιμές 'ανάληψης δράσης') ή και επιβάλλεται (όταν η έκθεση υπερβαίνει τις ανώτερες τιμές 'ανάληψης δράσης') στους εργαζομένους να διαθέτουν ατομικά μέσα προστασίας της ακοής, σύμφωνα με την Οδηγία 89/393/ΕΟΚ της 30-12-1989 (Τρίτη ειδική Οδηγία της 89/391/ΕΟΚ)²⁰, ούτως ώστε να έχουν τη μέγιστη δυνατή προστασία από τον κίνδυνο απώλειας ή βλάβης της ακοής.

Ο εργοδότης σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να καταβάλει κάθε προσπάθεια για την εξασφάλιση της ατομικής χρησιμοποίησης μέσων προστασίας, αλλά και τον έλεγχο για την εξακρίβωση της προστασίας που προσφέρουν.

Επίσης, εάν τα επίπεδα έκθεσης υπερβαίνουν τις 'οριακές τιμές έκθεσης', παρά τα μέσα προστασίας που έχουν ληφθεί, ο εργοδότης οφείλει να μειώσει άμεσα τα επίπεδα έκθεσης, να εντοπίσει τους λόγους που προέκυψαν και να τροποποιήσει τα μέτρα προστασίας και πρόληψης, προκειμένου να μην επαναληφθεί αυτή η υπέρβαση.

Ενημέρωση – Εκπαίδευση – Διαβούλευση των εργαζομένων

Όπως ορίζεται και από τα άρθρα 10 και 12 της Οδηγίας 89/391/ΕΟΚ, σε κάθε περίπτωση αλλά ιδιαιτέρως στις περιπτώσεις που τα επίπεδα θορύβου τείνουν να υπερβούν ή υπερβαίνουν τις κατώτατες τιμές 'ανάληψης δράσης', οφείλει να

²⁰ ΕΕ L 393 της 30.12.1989, σ. 18-28

ενημερώσει τους απασχολούμενους εργαζόμενους στις επίμαχες θέσεις εργασίας και να τους παρέχει την κατάλληλη εκπαίδευση, σχετικά με τους κινδύνους της έκθεσης αυτής, και ιδίως με:

«α) τη φύση των κινδύνων αυτών·

β) τα μέτρα που λαμβάνονται κατ' εφαρμογή της παρούσας οδηγίας για την εξάλειψη ή την ελαχιστοποίηση των κινδύνων που προκύπτουν από το θόρυβο, συμπεριλαμβανομένων των περιστάσεων στις οποίες εφαρμόζονται τα μέτρα αυτά·

γ) τις οριακές τιμές έκθεσης και τις τιμές για ανάληψη δράσης που προβλέπει το άρθρο 3 της παρούσας οδηγίας·

δ) τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων και των μετρήσεων του θορύβου που πραγματοποιούνται κατ' εφαρμογή του άρθρου 4 της παρούσας οδηγίας, σε συνδυασμό με εξήγηση της σημασίας τους και των δυνητικών κινδύνων·

ε) την ορθή χρήση των εξοπλισμών προστασίας της ακοής·

στ) τη χρησιμότητα και τις μεθόδους εντοπισμού και επισήμανσης των συμπτωμάτων των ακουστικών βλαβών·

ζ) τις συνθήκες υπό τις οποίες οι εργαζόμενοι έχουν δικαίωμα επίβλεψης της υγείας και το σκοπό αυτής, σύμφωνα με το άρθρο 10 της παρούσας οδηγίας·

η) τις ασφαλείς εργασιακές πρακτικές ελαχιστοποίησης της έκθεσης στο θόρυβο.»

Η συμμετοχή (διαβούλευση) των εργαζομένων, υποστηρίζεται μέσω του άρθρου 11 της Οδ. 2003/13/ΕΚ, ειδικότερα για:

-την εκτίμηση των κινδύνων

-την επιλογή των καταλληλότερων μέσων και μέτρων προστασίας ή της τροποποίησης των ήδη υπαρχόντων

-την επιλογή των καταλληλότερων ατομικών μέσων προστασίας για κάθε εργαζόμενο ειδικά.

Επίβλεψη της υγείας των εργαζομένων

Όταν κατά την εκτίμηση των κινδύνων και των μετρήσεων, αποδειχθεί ότι κάποιος/-οι εργαζόμενο/-οι διατρέχουν κίνδυνο για την υγεία τους, τότε επιβάλλεται η επίβλεψή

της υγείας του/τους , όπως έχει θεσπιστεί από τα κράτη μέλη. Επίσης, προτείνεται προληπτική ακοομέτρηση για τους εργαζόμενους σε θέσεις στις οποίες τα επίπεδα έκθεσης θορύβου ξεπερνούν τις κατώτερες τιμές 'ανάληψης δράσης', ενώ καθίσταται υποχρεωτική η εξέταση της ακοής, από ειδικευμένο γιατρό, για τους εργαζόμενους σε θέσεις στις οποίες τα επίπεδα θορύβου ξεπερνούν τις ανώτερες τιμές 'ανάληψης δράσης'. Σκοπός είναι ο έλεγχος πιθανής απώλειας ακοής λόγω θορύβου και η προστασία αυτής.

Για κάθε εργαζόμενο που βρίσκεται υπό ιατρικής επίβλεψης, διατηρείται ιατρικός φάκελος, με τα αποτελέσματα των ελέγχων και αποτελεσμάτων της πορείας της υγείας του, ο οποίος διαφυλάσσεται βάσει νόμου και σε μορφή η οποία έχει θεσπιστεί νομικά, ούτως ώστε να υπάρχει πρόσβαση οποιαδήποτε στιγμή, από τον ίδιο ή από κάποιον άμεσα ενδιαφερόμενο (ιατρό, εργοδότη κτλ), χωρίς φυσικά να παραβιάζεται το 'ιατρικό απόρρητο'. Αντίγραφα αυτών των φακέλων παρέχονται στην αρμόδια αρχή.

Όταν τώρα κατά την ιατρική εξέταση παρατηρηθεί βλάβη στην ακοή ενός εργαζομένου, ο ιατρός υποχρεούται να διαπιστώσει εάν η βλάβη αυτή προέκυψε από έκθεση σε θόρυβο κατά την εργασία και να ενημερώσει τον εργοδότη για κάθε αποτέλεσμα. Ο εργοδότης στη συνέχεια, οφείλει, όπως αναγράφεται στην Οδ. 2003/13/ΕΚ:

- να επανεξετάζει άμεσα την εκτίμηση κινδύνων
- να επανεξετάζει τα μέτρα που προβλέπονται για την εξάλειψη ή τη μείωση των κινδύνων
- να συμβουλευεται αρμόδια αρχή/επαγγελματία/άλλο πρόσωπο περί των θεμάτων εργασιακής υγιεινής, κατά την εφαρμογή των κατάλληλων μέτρων εξάλειψης ή μείωσης των κινδύνων
- να παρέχει δυνατότητα μετάθεσης θέσης εργασίας του πάσχοντα εργαζομένου, όπου δεν θα υπάρχει κίνδυνος έκθεσης σε μη επιτρεπόμενα για την υγεία του, επίπεδα θορύβου
- να οργανώνει συστηματική επίβλεψη της υγείας του πάσχοντος ατόμου, αλλά και κάθε άλλου ατόμου, που έχει ή ενδέχεται να υποστεί παρόμοια έκθεση

Παρεκκλίσεις της Οδηγίας

Παρεκκλίσεις από τις Οδηγίες μπορούν να παραχωρηθούν από τα κράτη-μέλη, σε περιπτώσεις όπου η σωστή και συστηματική χρήση ατομικών μέσων προστασίας, κρίνεται ικανή να αποτελέσει μεγαλύτερο κίνδυνο, και σοβαρότερες συνέπειες, από αυτές που θα προέκυπταν εάν δε χρησιμοποιούνταν τα συγκεκριμένα μέσα.

Σύμφωνα βέβαια με την εθνική νομοθεσία και πρακτική, οι παρεκκλίσεις

παραχωρούνται μετά από διαβούλευση με τους εργοδότες και τους εργαζομένους ή ακόμη και της αρμόδιας αρχής, όπου κρίνεται απαραίτητο. Και φυσικά πρέπει να συνοδεύονται από όρους, οι οποίοι θα εγγυώνται ότι οι συνεπαγόμενοι κίνδυνοι περιορίζονται στο ελάχιστο και ότι οι εν λόγω εργαζόμενοι θα έχουν αυξημένη ιατρική επίβλεψη.

Οι παρεκκλίσεις αυτές, επανεξετάζονται κάθε τέσσερα (4) χρόνια και καταργούνται με την παύση/έκλειψη των λόγων εκ των οποίων οι τελευταίες προέκυψαν. Ενώ τα κράτη-μέλη, κάθε τετραετία, διαβιβάζουν στην Επιτροπή της παρεκκλίσεις τις οποίες έχουν παραχωρήσει και τους ακριβείς λόγους για τους οποίους προχώρησαν στην εκάστοτε παραχώρηση.

Κάθε πέντε (5) χρόνια, τα κράτη-μέλη υποβάλλουν στην Επιτροπή μία αίτηση σχετικά με την πρακτική εφαρμογή της Οδηγίας. Στην έκθεση αυτή περιλαμβάνεται η περιγραφή της βέλτιστης πρακτικής και κάθε μορφής οργάνωσης εργασίας, για την πρόληψη του θορύβου. Περιέχει επίσης, τις δράσεις κάθε κράτους για τη γνωστοποίηση των παρόμοιων πρακτικών. Η Επιτροπή στη συνέχεια, μελετώντας αυτές τις εκθέσεις, τα επιστημονικά στοιχεία, τις έρευνες που αφορούν στην εφαρμογή της Οδηγίας γενικά αλλά και ειδικότερα σε τομείς όπως η μουσική και η ψυχαγωγία, κάνει μια συνολική αξιολόγηση και ενημερώνει το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή και τη Συμβουλευτική Επιτροπή για την ασφάλεια, την υγιεινή και την υγεία στο χώρο εργασίας και, εφόσον κριθεί απαραίτητο, προτείνει τροποποιήσεις της Οδηγίας.

4.5. Προστασία του ευρέως κοινού από τον περιβαλλοντικό θόρυβο και το θόρυβο που εκπέμπεται από ειδικές πηγές

Για την προστασία της δημόσιας υγείας από το θόρυβο, με την πρόταση των Υπουργών Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων έργων έχουν θεσπιστεί Οδηγίες²¹, σύμφωνα με τις οποίες καθορίζονται:

- οι οριακές τιμές στάθμης θορύβου και δονήσεων σε δημόσιους χώρους ή χώρους κατοικίας
- τα όρια φόρτου θορύβου σε καθορισμένες αντιθορυβικές ζώνες
- οι τρόποι μέτρησης των παραπάνω ορίων

Βασικό κριτήριο είναι φυσικά ο περιορισμός της ενόχλησης και κατ' επέκταση η προστασία της δημόσιας υγείας.

²¹ Οδηγία 2002/49/ΕΚ. Επίσημη Εφημερίδα L 189, 18.7.2002, σ. 12- 25
Οδηγία 2004/160/ΕΚ. Βρυξέλλες 10.3.2004, COM(2004) 160 τελικό.
Οδηγία 2000/14/ΕΚ. Επίσημη Εφημερίδα L 162, 3.7.2000, σ. 1-78.

Αξιολόγηση και Διαχείριση του Περιβαλλοντικού θορύβου

Πιο συγκεκριμένα, το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, εκτιμώντας ότι ο θόρυβος αποτελεί μία από τις σοβαρότερες απειλές για τη δημόσια υγεία, συμφώνησαν σε μία πολιτική που θα έχει σκοπό την επίτευξη υψηλού επιπέδου προστασίας της υγείας και του περιβάλλοντος. Με το ψήφισμα της 10^{ης} Ιουνίου 1997²², το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εξέφρασε την υποστήριξή του στην Πράσινη Βίβλο²³, σχετικά με το θόρυβο και την προστασία της δημόσιας υγείας και του περιβάλλοντος. Επίσης, αναφέροντας και την έλλειψη αξιόπιστων και συγκρίσιμων δεδομένων για την κατάσταση των διαφόρων ηχητικών πηγών που είναι δυνατόν να προκαλέσουν θόρυβο, εξέφρασαν την απόφαση για λήψη συγκεκριμένων μέτρων και μεθόδων, με την έκδοση μιας ενιαίας Οδηγίας. Η σχετική Οδηγία που εξέδωσαν είναι η Οδηγία 2002/49/ΕΚ²⁴ περί αξιολόγησης και διαχείρισης του περιβαλλοντικού θορύβου. Η Κοινότητα θα πρέπει να καθορίζει δείκτες ηχητικής στάθμης, μεθόδους μέτρησης και υπολογισμού, κριτήρια και μεθόδους αξιολόγησης του περιβαλλοντικού θορύβου, ούτως ώστε να υπάρχουν συγκρίσιμα δεδομένα και μία ενιαία 'χαρτογράφηση του θορύβου'.

4.6. Θόρυβος που προκύπτει από διάφορες πηγές

4.6.1. Θόρυβος αεροσκαφών.

Ο θόρυβος που προκύπτει από την κυκλοφορία αεροσκαφών είναι ιδιαίτερα έντονος και δύσκολος στην εξασθένισή του, γιατί σχετίζεται με το θόρυβο των μηχανών, του σκάφους, ενώ παρουσιάζει εντοότερα επίπεδα κατά την απογείωση και προσγείωση του. Αποτελεί σημαντικό παράγοντα ενόχλησης του κοινού, αφού στα περισσότερα αεροδρόμια, υπάρχουν κατοικημένες περιοχές σε πολύ μικρή απόσταση από αυτά.

Σύμφωνα με στοιχεία που αναφέρονται στην Πράσινη Βίβλο της επιτροπής Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, το 1% του πληθυσμού που εκφράζει καταγγελίες για ενόχληση από την έκθεση του σε θόρυβο, αναφέρεται στο θόρυβο εναέριων κυκλοφοριών. Όσον αφορά τις αεροπορικές μεταφορές, δόθηκε προτεραιότητα στην απαγόρευση της κυκλοφορίας αεροσκαφών που προκαλούν υψηλά επίπεδα θορύβου και αυτό έγινε βάσει της έκδοσης της Οδηγίας 92/14/ΕΟΚ²⁵, το 1992. Το Μάρτιο του 1998 εκδόθηκε νέα Οδηγία, με την οποία θα περιορίζονταν ο θόρυβος των αεροσκαφών που

²² ΕΕ C 200 ΤΗΣ 30^{ης} Ιουνίου 1997, σ. 28

²³ Commission of the European Communities, Brussels, COM(96) 540 final, της 4^{ης} Νοεμβρίου 1996.
www.ec.europa.eu/environment/noise/greenpap.htm#situ

²⁴ EL L 189 της 25^{ης} Ιουνίου 2002, σ.12 - σ.25

²⁵ ΕΕ L 76, της 23^{ης} Μαρτίου 1992 «για τον περιορισμό της χρησιμοποίησης των αεροπλάνων που υπάγονται στο παράρτημα 16 της σύμβασης για τη διεθνή πολιτική αεροπορία, τόμος 1, δεύτερο μέρος, κεφάλαιο 2, δεύτερη έκδοση (1988)»

υπερέβαινε τα όρια, μέσω ειδικών διατάξεων μείωσης του θορύβου, η οποία όμως καταργήθηκε στις 28 Μαρτίου 2008, με την έκδοση της Οδηγίας 2002/30/ΕΚ²⁶. Σκοπός ήταν η διαφύλαξη της προστασίας της δημόσιας υγείας και μετά την απαγόρευση κυκλοφορίας των θορυβωδών αεροσκαφών και τη δημιουργία μιας ισόρροπης προσέγγισης όσον αφορά την εκπομπή θορύβου από τα αεροσκάφη και την προστασία της υγείας των κατοίκων πλησίον αεροδρομίων, προσδιορίζοντας τις εξής παραμέτρους:

- μείωση του θορύβου των αεροσκαφών στην πηγή
- χωροταξικά και διαχειριστικά μέτρα
- υπηρεσιακές διαδικασίες καταπολέμησης των θορύβων
- λειτουργικούς περιορισμούς, είτε με απόσυρση αεροσκαφών των οποίων οι ηχητικές στάθμες θορύβου ξεπερνούν τις τιμές της 'οριακής συμμόρφωσης' [+5 db, από τις επιτρεπόμενες τιμές] ή περιορισμούς όπως για παράδειγμα η 'νυκτερινή απαγόρευση' κυκλοφορίας αεροσκαφών.

Σύμφωνα με στο παράρτημα 16 της συμβάσεως περί διεθνούς πολιτικής αεροπορίας, τρίτη έκδοση (Ιούλιος 1978), κάθε αεροσκάφος θα πρέπει να διαθέτει πιστοποιητικό θορύβου, για να χρησιμοποιηθεί. Τα δικαιολογητικά του πιστοποιητικού θορύβου λαμβάνουν τη μορφή ενός χωριστού πιστοποιητικού θορύβου ή μιας κατάλληλης δηλώσεως η οποία περιέχεται σ' ένα άλλο έγγραφο εγκεκριμένο από το κράτος νηολογήσεως και για το οποίο έγγραφο το κράτος απαιτεί να συνοδεύει το αεροσκάφος. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στην σχετική Οδηγία, τα έγγραφα αυτά θα πρέπει να περιέχουν:

- α) το κράτος νηολογήσεως και τον αριθμό νηολογήσεως του αεροσκάφους*
- β) αριθμό σειράς του κατασκευαστού*
- γ) καθορισμό του τύπου και του μοντέλου του κατασκευαστού*
- δ) μνεία κάθε συμπληρωματικής τροποποίησης, η οποία έγινε με σκοπό την τήρηση των προτύπων που εφαρμόζονται στο πιστοποιητικό θορύβου*
- ε) μέγιστα βάρη στα οποία εξακριβώθηκε ότι τα πρότυπα που εφαρμόζονται στο πιστοποιητικό θορύβου ετηρήθησαν*
- στ) στην περίπτωση αεροπλάνων, για τα οποία η αίτηση του πιστοποιητικού υποβάλλεται από την 6η Οκτωβρίου 1977 και μετά: στάθμη (-ες) θορύβου και συντελεστές τους πιθανότητας 90% στο σημείο α) αναφοράς για τα οποία εξακριβώθηκε ότι τα πρότυπα που εφαρμόζονται στο πιστοποιητικό θορύβου ετηρήθησαν»*

Επίσης, η Επιτροπή έχει δρομολογήσει μια σειρά μελετών με σκοπό την εκτίμηση της έκθεσης θορύβου στα κοινοτικά αεροδρόμια και τη δημιουργία μίας ενιαίας πολιτικής και προσέγγισης, όσον αφορά τις οριακές τιμές έκθεσης και τα περιβαλλοντικά και κοινωνικοοικονομικά κόστη. Ένεκα αυτού εξετάζεται και η παράμετρος του οικονομικού οφέλους των νυκτερινών πτήσεων, με σκοπό να δοθούν οι αντίστοιχες οδηγίες στα κράτη μέλη και τα αεροδρόμια. Όλα τα παραπάνω τα αναλαμβάνει μία ειδική 'ομάδα εργασίας'.

²⁶ EE L 85, της 28^{ης} Μαρτίου 2002, σ. 40 «περί θέσπισης κανόνων και διαδικασιών σχετικά με την εισαγωγή λειτουργικών περιορισμών για το θόρυβο στα αεροδρόμια της Κοινότητας»

Τέλος, η Επιτροπή υπέβαλε πρόταση της Οδηγίας 80/51/ΕΟΚ²⁷ «περί περιορισμού του θορύβου που προκαλείται από τα υποηχητικά αεροσκάφη και τη θέσπιση κοινοτικού πλαισίου σχετικά με την ηχητική ταξινόμηση των πολιτικών υποηχητικών αεροσκαφών με σκοπό τον υπολογισμό των τελών θορύβου», ως επιπλέον παράγοντα ενόχλησης του κοινού. Σκοπός και πάλι είναι η ελάττωση της χρήσεως των τελών θορύβου, μέσω ανάλογων τελών με τον παράγοντα εκπομπής θορύβου σε κάθε αεροσκάφος.

Όσον αφορά το χειρισμό του θορύβου στα αεροδρόμια, έχει εκδοθεί Έκθεση της Επιτροπής, COM 2008/66 της 15.02.2008, βάσει της Οδηγίας 2002/30/ΕΚ. Στην Έκθεση αυτήν υπάρχουν 3 πιθανά σενάρια προοδευτικής απόσυρσης των οριακά συμμορφούμενων αεροσκαφών, για τα έτη 2010-2015, που αφορούν στην εκτίμηση του πλήθους του εκτιθέμενου κοινού σε θόρυβο λόγω της κυκλοφορίας αεροσκαφών, όπως φαίνονται στον πίνακα παρακάτω:

Έτος	Συνολικός πληθυσμός εντός των L_{den}^{28} 55dB (σε εκατ.)	Συνολικός πληθυσμός εντός των L_{night}^{29} 45dB (σε εκατ.)	Σχόλιο
2002	2,2	2,7	
2006	2,3	3,0	Από το 2002 έως το 2006 ο πληθυσμός εντός των L_{den} 55dB αυξήθηκε κατά λιγότερο από 0,1 εκατ.
Βασικό σενάριο για το 2010	2,4	3,2	Από το 2006 έως το 2010 ο πληθυσμός εντός των L_{den} 55dB αυξήθηκε κατά 10%
Σενάριο 1 για το 2010	2,3	3,1	Μείωση των L_{den} κατά 4% ως προς το βασικό σενάριο Μείωση των L_{night} κατά 2 % ως προς το βασικό Σενάριο
Σενάριο 2 για το 2010	2,3	3,1	Μείωση των L_{den} κατά 5% ως προς το βασικό Σενάριο Μείωση των L_{night} κατά 3 % ως προς το βασικό Σενάριο
Σενάριο 3 για το 2010	2,3	3,1	Μείωση των L_{den} κατά 6% ως προς το βασικό σενάριο Μείωση των L_{night} κατά 4 % ως προς το βασικό Σενάριο
Βασικό σενάριο για το 2015	2,7	3,2	Από το 2010 έως το 2015 ο πληθυσμός εντός των L_{den} 55dB αυξήθηκε κατά 9%

²⁷ ΕΕ L 18, της 24^{ης} Ιανουαρίου 1980, σ.26, όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την ΕΕ L 117 της 4^{ης} Μαΐου 1983, σ. 15

²⁸ L_{den} : Πρόκειται για τον δείκτη θορύβου, ο οποίος περιγράφει τον μέσο θόρυβο κατά τη διάρκεια της ημέρας, του απογεύματος και της νύχτας (σε 24ωρη βάση).

²⁹ L_{night} : Αυτός ο δείκτης θορύβου περιγράφει τον μέσο θόρυβο κατά τη διάρκεια της νύχτας.

Σενάριο 1 για το 2015	2,6	3,2	Μείωση των Lden κατά 4% ως προς το βασικό σενάριο Μείωση των Lnight κατά 2 % ως προς το βασικό Σενάριο
Σενάριο 2 για το 2015	2,6	3,2	Μείωση των Lden κατά 4% ως προς το βασικό σενάριο Μείωση Lnight κατά 2 % ως προς το βασικό
Σενάριο 3 για το 2015	2,5	3,1	Μείωση των Lden κατά 5% ως προς το βασικό σενάριο Μείωση των Lnight κατά 3 % ως προς το βασικό Σενάριο

Πίνακας 5: Εκτίμηση του πλήθους του εκτεθειμένου κοινού σε θόρυβο κυκλοφορίας αεροσκαφών, για τα έτη 2010-2015.

4.6.2. Θόρυβος οδικής κυκλοφορίας

Η ενόχληση από το θόρυβο οδικής κυκλοφορίας είναι η συνιθέστερη, αφού υπάρχουν κατοικίες σε όλους σχεδόν τους δρόμους, με μία μικρή εξαίρεση σε εθνικές οδούς, όπου οι κατοικίες είναι ελάχιστες έως και ανύπαρκτες. Ο θόρυβος οδικής κυκλοφορίας σχετίζεται με το θόρυβο που προκύπτει από τη λειτουργία των μηχανών των οχημάτων, αλλά και των εξατμίσεών τους. Επίσης, σχετίζεται και με την πρόσφυση των ελαστικών στο οδόστρωμα, με επιπλέον παράγοντες το υλικό του οδοστρώματος και το βάρος του οχήματος, ειδικά σε υψηλές ταχύτητες (όπου μπορεί να επέλθει και αύξηση της τάξεως των 10-15 db, σε σχέση με μία πιο ομαλή και αργή οδήγηση).

Σύμφωνα με τα στοιχεία της Πράσινης Βίβλου, 80 εκατομ άτομα εκτίθενται καθημερινά σε θόρυβο οδικής κυκλοφορίας με στάθμη ηχητικής έντασης 55-65 db(A). Σε ποσοστιαία αναφορά αφορά γύρω στο 20% του πληθυσμού, μέγεθος αρκετά σημαντικό. Επίσης, ένα σημαντικό ποσοστό του θορύβου προκύπτει από φορτηγά που εκτελούν επαγγελματικές μεταφορές και, συγκεκριμένα το 45% του θορύβου στις εθνικές οδούς και το 10% του θορύβου στις αστικές οδούς, οφείλεται στην κυκλοφορία φορτηγών.

A) Για την εκπομπή θορύβου από οχήματα με κινητήρα, έχει εκδοθεί η Οδηγία 70/157/EK της 6^{ης} Φεβρουαρίου 1970³⁰, με πιο πρόσφατη τροποποιημένη έκδοση την Οδηγία 2007/34/EK της 14^{ης} Ιουνίου 2007. Ενώ, καταβάλλονται προσπάθειες ώστε η δοκιμαστική μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη χορήγηση έγκρισης τύπου να απηχεί επαρκώς τις συνθήκες εκπομπής θορύβων σε συνθήκες πραγματικής κυκλοφορίας. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται στο Άρθρο 1 της Οδηγίας 70/157/EK, για την κατανόηση του όρου 'οχήματα με κινητήρα' :

«Άρθρο 1

Ως όχημα κατά την έννοια της παρούσης οδηγίας, νοείται κάθε όχημα με κινητήρα που προορίζεται να κυκλοφορεί επί οδού, με ή χωρίς αμάξωμα, που έχει τουλάχιστον τέσσερις τροχούς και εκ κατασκευής μεγίστη ταχύτητα μεγαλύτερη των 25 km/h, εξαιρουμένων των οχημάτων που μετακινούνται επί σιδηροτροχιών, των γεωργικών μηχανών και ελκυστήρων καθώς και των μηχανημάτων δημοσίων έργων.»

³⁰ EL L 42 της 23^{ης} Φεβρουαρίου 2002, σ.16 «περί προσεγγίσεως των νομοθεσιών των κρατών μελών για το αποδεκτό ηχητικό επίπεδο και τη διάταξη εξατμίσεως των οχημάτων με κινητήρα»

Στο Παράρτημα της παραπάνω Οδηγίας, αναφέρονται τα 'αποδεκτά ηχητικά επίπεδα', οι 'μέθοδοι', οι 'συσκευές' και οι 'συνθήκες μέτρησης' και τέλος καθορίζεται η διάταξη της εξατμίσεως (σιγαστήρα), εφόσον υπάρχει.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι οριακές τιμές που ισχύουν σήμερα, βάσει της Έκθεσης της Επιτροπής³¹ («αναφερόμενης στα ισχύοντα κοινοτικά μέτρα σχετικά με τις πηγές περιβαλλοντικού θορύβου»), όσον αφορά τα μηχανοκίνητα οχήματα:

Τύπος μηχανοκίνητου οχήματος	Οριακή τιμή db (A)
Οχήματα προοριζόμενα για τη μεταφορά επιβατών, με εννέα το πολύ καθίσματα μαζί με το κάθισμα του οδηγού	74
Οχήματα προοριζόμενα για τη μεταφορά επιβατών, με εννέα το πολύ καθίσματα μαζί με το κάθισμα του οδηγού, μέγιστη επιτρεπτή μάζα μεγαλύτερη από 3,5 τόνους και: - ισχύ κινητήρα μικρότερη από 150 kW - ισχύ κινητήρα όχι μικρότερη από 150 Kw	78 80
Οχήματα προοριζόμενα για τη μεταφορά επιβατών, με εννέα το πολύ καθίσματα μαζί με το κάθισμα του οδηγού, και οχήματα προοριζόμενα για τη μεταφορά εμπορευμάτων: - με μέγιστη επιτρεπτή μάζα όχι μεγαλύτερη από δύο τόνους - με μέγιστη επιτρεπτή μάζα μεγαλύτερη από δύο τόνους χωρίς όμως να υπερβαίνει τους 3,5 τόνους	76 77
Οχήματα προοριζόμενα για τη μεταφορά εμπορευμάτων, με μέγιστη επιτρεπτή μάζα μεγαλύτερη από 3,5 τόνους και: - ισχύ κινητήρα μικρότερη από 75 kW - ισχύ κινητήρα όχι μικρότερη από 75 kW, μικρότερη όμως από 150 kW - ισχύ κινητήρα όχι μικρότερη από 150 kW	77 78 80

Πίνακας 6: Οριακές τιμές στάθμης θορύβου για τα μηχανοκίνητα οχήματα

Όσον αφορά βέβαια τα 'βαρέα' φορτηγά, η Επιτροπή εξέδωσε πρόταση οδηγίας περί τροποποίησης της οδηγίας 1999/62/ΕΚ, σχετικά με τη «χρέωση βαρέων φορτηγών για τη χρήση των υποδομών», στις 23 Ιουλίου 2003. Ένας από τους σκοπούς της πρότασης είναι να εξασφαλιστεί ότι το κόστος που συνδέεται με τις οδικές υποδομές αντανakλάται ορθότερα στα τέλη που καταβάλλουν οι χρήστες των οδικών δικτύων και των αντίστοιχων οχημάτων. Συγκεκριμένα διατυπώνεται ότι: «*οποιοδήποτε κόστος υποδομής που αποσκοπεί σε μείωση οχλήσεων σχετικών με θορύβους*» θα μπορεί να συμπεριλαμβάνεται στην κοστολογική βάση των διοδίων που επιβαρύνουν τα βαρέα

³¹ Επιτροπή των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων(Commission of European Community), Βρυξέλλες 10.3.2004, COM 2004 160 (τελικό).

φορτηγά για τη χρήση οδικών υποδομών, έτσι ώστε το κόστος για τη μείωση των θορύβων εξαιτίας της οδικής κυκλοφορίας να αναλαμβάνεται ουσιαστικά από τους χρήστες, σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει».

Βέβαια, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι παρ όλο που σε κάθε επανεξέταση γίνεται τροποποίηση για αυστηρότερα όρια (ήδη έχουν μειωθεί κατά 10 db), δεν έχει παρατηρηθεί αντίστοιχη πρόοδος όσον αφορά στη συνολική έκθεση σε θορύβους που προκαλούνται από οδικά οχήματα. Αυτό βέβαια οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στη συνολική αύξηση της οδικής κυκλοφορίας και ιδιαιτέρως μάλιστα στις περιπτώσεις κυκλοφορίας φορτηγών ανεξαρτήτως μεγέθους.

Πρέπει λοιπόν να συνεχιστούν στο μέλλον οι προσπάθειες για να εκτιμηθεί κατά πόσο είναι δυνατό να εισαχθούν αυστηρότερα όρια έτσι ώστε να εισέρχονται στην αγορά πιο αθόρυβα οχήματα, και να προταθούν τρόποι απόσυρσης των οχημάτων που είναι πιο θορυβώδη από το επιτρεπτό.

Β) Όσον αφορά τα δίκυκλα ή τρίκυκλα οχήματα με κινητήρα, που αποτελούν και αυτά πολύ σημαντική αιτία ενόχλησης, κυρίως λόγω της απερίσκεπτης οδηγικής συμπεριφοράς ή/και της 'πειραγμένης' εξάτμισης, σε συνδυασμό με τους ιδιαίτερους και διακριτούς θορύβους των οχημάτων αυτών. Για αυτό το σκοπό, έχει εκδοθεί η Οδηγία 92/61/ΕΟΚ³² «περί εγκρίσεως του τύπου δικύκλων ή τρικύκλων οχημάτων με κινητήρα». Η Οδηγία προβλέπει επιτρεπτές στάθμες θορύβων για δίκυκλα και τρίκυκλα καθώς και για τις εξατμίσεις τους, συμπεριλαμβανομένων των ανταλλακτικών, και προτείνει μέτρα ώστε να αποτρέπονται οι επεμβάσεις στα συστήματα εξάτμισης.

Στον πίνακα που ακολουθεί, φαίνονται οι οριακές τιμές που ισχύουν σήμερα, βάσει της Έκθεσης της Επιτροπής (COM 2004 160 τελικό), όσον αφορά τα δίκυκλα και τρίκυκλα οχήματα:

Τύπος οχήματος	Οριακή τιμή db (A)
Δίκυκλα μηχανοκίνητα οχήματα –μοτοποδήλατα, με ταχύτητες:	
≤25 km/h	66
>25 km/h	71
Τρίκυκλα	76
Μοτοσυκλέτες (κυλινδρισμός κινητήρα):	
≤80 cm ³	75
>80 cm ³ , 175 cm ³	77
>175 cm ³	80
Τρίκυκλα μηχανοκίνητα οχήματα	80

Πίνακας 7: Οριακές τιμές στάθμης θορύβου για τα δίκυκλα και τρίκυκλα οχήματα.

³² ΕΕ L 225, της 10^{ης} Αυγούστου 1992, σ.26, όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την ΕΕ L 117 της 4^{ης} Μαΐου 1983, σ.15

Και σε αυτήν την περίπτωση γίνεται πρόταση για επανεξετάσεις και τροποποίησης των επιτρεπόμενων ορίων εκπομπής θορύβου, βάσει έρευνας αλλά και εκτίμησης κόστους και οφέλους από την κάθε τροποποίηση. Με μία πρώτη μελέτη που έγινε επί του θέματος, το 2000³³, φαίνεται ότι μεγάλος αριθμός από τις μοτοσυκλέτες και τα μοτοποδήλατα που κυκλοφορούν έχουν χαμηλής ποιότητας ακουστική απόδοση, πράγμα το οποίο οφείλεται κυρίως σε επεμβάσεις, ανεπαρκή συντήρηση και τοποθέτηση ακατάλληλων εξαρτημάτων. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή μελετάει τι μέτρα μπορούν να ληφθούν σε ευρωπαϊκό επίπεδο ώστε να καθιερωθεί ο έλεγχος της ακουστικής απόδοσης των δικύκλων (δυνάμει του πλαισίου που παρέχει η οδηγία 96/96/ΕΚ¹⁴ σχετικά με τον τεχνικό έλεγχο των μηχανοκίνητων οχημάτων). Σήμερα, ο τεχνικός έλεγχος και οι έλεγχοι καθ'οδόν για τα δίκυκλα και τα τρίκυκλα είναι αποκλειστικής αρμοδιότητας των κρατών μελών.

Γ) Ωστόσο, υπάρχει και ειδική συμπληρωματική Οδηγία, η Οδηγία 2003/43/ΕΚ³⁴, που αναφέρεται στο θόρυβο που προκαλούν τα ελαστικά των οχημάτων κατά την κύλιση τους στο δρόμο. Η συγκεκριμένη Οδηγία προβλέπει διατάξεις όσον αφορά τις δοκιμές και τις οριακές στάθμες του θορύβου κύλισης, καθώς και τη σταδιακή μείωση αυτών. Οι οριακές στάθμες διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο του οχήματος (ιδιωτικά αυτοκίνητα, μικρά και μεγάλα φορτηγά) και τη διατομή των ελαστικών (5 κατηγορίες), και διαπιστώνονται μέσω των δοκιμών του θορύβου κύλισης, οι οποίες θα συμπεριλαμβάνονται στις απαιτήσεις για την έκδοση πιστοποιητικού έγκρισης της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, που θα γίνεται για όλα τα ελαστικά που θα διακινούνται στην ευρωπαϊκή αγορά. Ωστόσο, πρέπει να εξετάζεται και η πρόσφυση των ελαστικών ούτως ώστε να εξασφαλίζεται η διατήρησή της, με την καθιέρωση αυστηρότερων οριακών τιμών θορύβου, αλλά και να παρακολουθείται η αντίσταση κύλισης των ελαστικών και να προβλεφθούν οριακές τιμές για την άλλη αυτή παράμετρο η οποία συνδέεται κυρίως με την πρόσφυση σε υγρό οδόστρωμα καθώς και για τα χαρακτηριστικά του θορύβου κύλισης.

Βέβαια, βελτιώνοντας την ασφαλτο, αλλά και προσθέτοντας ηχοπαγίδες σε δρόμους συχνής κυκλοφορίας, μειώνονται τα επίπεδα εκπομπής θορύβου κατά 3-5 db(A).

Δ) Όσον αφορά το θόρυβο που υπόστανται οι οδηγοί γεωργικών ή δασικών τροχοφόρων ελκυστήρων με τροχούς, εκδόθηκε η Οδηγία 77/311/ΕΟΚ³⁵ «περί της προσεγγίσεως των κρατών μελών των αναφερόμενων στο ηχητικό επίπεδο που αντιλαμβάνονται οι οδηγοί των γεωργικών ή δασικών εκλυστήρων με τροχούς», με πιο πρόσφατη την Οδηγία 2009/76/ΕΚ³⁶. Για την ελεύθερη χρήση και εμπορία των γεωργικών οχημάτων, θα πρέπει να πληρούνται οι προϋποθέσεις που αναφέρονται στη συγκεκριμένη Οδηγία και όσον αφορά στα επίπεδα ηχητικής στάθμης θορύβου δε θα πρέπει να ξεπερνούν τα 90 db(A) ή τα 86 db(A), για μετρήσεις ύπο τις συνθήκες του

³³ 'Noise from two-wheeled vehicles', 2000, TRL for the European Commission, Γενική Διεύθυνση *Επιχειρήσεις*

³⁴ EE L 211 της 4^{ης} Αυγούστου 2001, «για τροποποίηση της Οδηγίας 92/23/ΕΟΚ περί των ελαστικών των μηχανοκίνητων οχημάτων και των ρυμουλκούμενων, καθώς και την τοποθέτησή τους σε αυτά»

³⁵ EE L 105, της 28^{ης} Απριλίου 1977, σ.1, όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την EE L 277 της 10^{ης} Οκτωβρίου 1997, σ.24

³⁶ EE L 201, της 1^{ης} Αυγούστου 2009, σ.18

Παράρτηματος Ι και ΙΙ της Οδηγίας 2009/76/ΕΚ, αντίστοιχα.

4.6.3. Σιδηροδρομικός θόρυβος.

Στις χαμηλές ταχύτητες η κύρια πηγή θορύβου για τα τρένα είναι η λειτουργία της μηχανής τους. Με την άυξηση όμως της ταχύτητας, υπερπαιρούσα πηγή αποτελεί ο συνδυασμός της κύλησης των τροχών πάνω στις ράγες και του βαγονιού. Οι παράγοντες που συμβάλουν είναι η λίπανση των τροχών, τα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά, η κατασκευή των ραγών και η ταχύτητα σαφώς. Η εκπομπή θορύβου από τα φορτηγά τρένα που εκτελούν μεταφορές είναι κατά 4-5 db υψηλότερη από τα επιβατικά. Στα τρένα πολύ υψηλής ταχύτητας, πολύ πιο σημαντικό ρόλο στη στάθμη θορύβου λαμβάνει και ο αεροδυναμικός θόρυβος.

Όσον αφορά το θόρυβο των σιδηροδρόμων, η Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων αναφέρει στην Πράσινη Βίβλο ότι ένα ποσοστό της τάξεως του 2-4% εκτίθεται καθημερινά σε σημαντικά επίπεδα στάθμης σιδηροδρομικού θορύβου. Για το λόγο αυτόν η Επιτροπή μελετά τις τεχνικές και οικονομικές πτυχές της μείωσης των θορύβων που παράγονται εξαιτίας των σιδηροδρομικών μεταφορών, με σκοπό τη χάραξη μιας κοινής πολιτικής μεταφορών και αντιμετώπισης των θορύβων αυτών και την υποστήριξη μιας ενιαίας αγοράς σιδηροδρομικού υλικού, αλλά και σχετικές συστάσεις για το ήδη υπάρχον υλικό με σκοπό τη βελτίωση ή την απόσυρσή του.

Η κυριότερη πηγή σιδηροδρομικού θορύβου είναι οι εμπορευματικές μεταφορές, αλλά και τα τρένα μαζικής μεταφοράς (π.χ μετρό), που χρησιμοποιούνται καθημερινά εντός πόλεων και γι αυτό θεσπίστηκαν τα παρακάτω κύρια μέτρα:

- οριακές τιμές θορύβου για τα διαλειτουργικά οχήματα
- μετασκευή φορτηγών βαγονιών με αντικατάσταση των φρένων από χυτοσίδηρο με άλλα από σύνθετα υλικά που παράγουν θορύβους μειωμένους κατά 8 έως 10 dB(A)

Για την υλοποίηση βεβαίως των παραπάνω, απαιτούνται κατάλληλες διαδικασίες και χρηματοδότηση, πράγμα που απαιτεί μια κοινή στρατηγική που θα βασίζεται στον επιμερισμό των ευθυνών και τη συμβολή όλων των ενδιαφερόμενων μερών. Επίσης, γίνεται διάλογος με τη Βιομηχανία, για την εξεύρεση εναλλακτικών λύσεων αποδοτικότητας κόστους, συμπεριλαμβανομένων αυτοπροαίρετων μέτρων εκ μέρους της βιομηχανίας για τη μείωση των θορύβων κύλισης του τροχαίου υλικού.

Τέλος, η Επιτροπή έχει θεσπίσει τις 'τεχνικές προδιαγραφές διαλειτουργικότητας' (TSI), μέσω και της βοήθειας της ΑΕΙF³⁷.

³⁷ European Association for Railway Interoperability (Ευρωπαϊκή Ένωση για τη διαλειτουργικότητα των σιδηροδρόμων),. Ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.aeif.org/>

Το 2002 εγκρίθηκαν δύο προδιαγραφές TSI για τις εκπομπές θορύβου από τα τρένα υψηλών ταχυτήτων, όπου φαίνονται στους παρακάτω πίνακες:

Ταχύτητα(km/h)	Στάθμη θορύβου (dB(A))
250	87 ± 1
300	91 ± 1
320	92 ± 1

Πίνακας 8: Οριακές τιμές στάθμης θορύβου για τρένα υψηλών ταχυτήτων

Ενώ δίδεται και η δυνατότητα εφαρμογής των λιγότερο αυστηρών οριακών τιμών του πίνακα που ακολουθεί ,για μια μεταβατική περίοδο 24 μηνών, από την ημερομηνία έναρξης ισχύος της υπόψη προδιαγραφής στις παρακάτω περιπτώσεις:

- δικαίωμα αγοράς επιπλέον οχημάτων με συμβάσεις ήδη υπογεγραμμένες κατά την ημερομηνία έναρξης ισχύος της προδιαγραφής
- τροχαίο υλικό για το οποίο υπογράφεται σύμβαση στη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου, βασιζόμενο σε ήδη υπάρχουσες πλατφόρμες σχεδιασμού

Ταχύτητα(km/h)	Στάθμη θορύβου (dB(A))
250	90
300	93
320	94

Πίνακας 9: Οριακές τιμές στάθμης θορύβου για τρένα υψηλών ταχυτήτων κατά τη μεταβατική περίοδο των 24 μηνών.

Για τα νέοκατασκευασμένα τρένα που πρόκειται να τεθούν σε λειτουργία, τα όρια εκπομπής θορύβου είναι χαμηλότερα, της τάξεως των 60-70 db(A).

Επειδή ο απώτερος σκοπός των εν λόγω νομοθεσιών είναι η προστασία της δημόσιας υγείας από το θόρυβο (όπου στη συγκεκριμένη περίπτωση αφορά τους περιοίκους σε περιοχές πλησίον σιδοροδρόμων), θα πρέπει να γίνεται τακτικά μια μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων (όπως προβλέπεται δυνάμει της οδηγίας 85/337/ΕΟΚ) η οποία πρέπει να δείχνει ότι οι στάθμες θορύβου που αντιλαμβάνονται οι κάτοικοι πλησίον νέων ή αναβαθμισμένων υποδομών (είτε οι θόρυβοι αυτοί προέρχονται από διαλειτουργικά τρένα είτε πρόκειται για το σύνολο των ισοδύναμων θορύβων από την όλη κυκλοφορία), δεν υπερβαίνουν τις στάθμες θορύβου που αναφέρονται στις ισχύουσες εθνικές διατάξεις και τις τεχνικές προδιαγραφές TSI.

4.6.4. Βιομηχανικός θόρυβος

Ο βιομηχανικός θόρυβος είναι ένας πολύ σημαντικός παράγοντας, διότι αποτελεί κίνδυνο και για τους εργαζόμενους, όπως και για τους κατοίκους σε κοντινές περιοχές. Είναι πολυσύνθετος, διότι σχετίζεται με το θόρυβο που προκαλούν οι επιμέρους μηχανές που λειτουργούν, την κατασκευή των εγκαταστάσεων κτλ. Επομένως, κάθε κράτος θα πρέπει να εξετάζει εξονυχιστικά την κάθε παράμετρο, αλλά και την απόσταση από τις πρώτες κατοικίες εντός της περιοχής, προτού επιτρέψει κάθε άδεια για βιομηχανικές ή και γεωργικές εγκαταστάσεις. Η σχετική Οδηγία της Επιτροπής είναι η 92/61/ΕΚ³⁸ «περί της ολοκληρωμένης πρόληψης και έλεγχου της ρύπανσης». Η Οδηγία αυτή σαφώς εφαρμόζεται σε νέες εγκαταστάσεις, αλλά και σε ήδη υπάρχουσες οι οποίες πρόκειται να προχωρήσουν σε ουσιαστικές μετατροπές ούτως ώστε να συμμορφωθούν με τις προϋποθέσεις.

Γενικά, τα επιτρεπόμενα όρια στάθμης θορύβου που προέρχονται από βιομηχανικές εγκαταστάσεις, όπως αναγράφονται στο σχετικό Προεδρικό Διάταγμα Αριθ. 1180/81 «Περί ρυθμίσεως θεμάτων αναγομένων εις τα της ιδρύσεως και λειτουργίας βιομηχανιών, βιοτεχνιών, πάσης φύσεως μηχανολογικών εγκαταστάσεων και αποθηκών και τη εκ τούτων διασφαλίσεως περιβάλλοντος εν γένει»³⁹ φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Περιοχή	Επιτρεπόμενα Όρια στάθμης έντασης θορύβου, σε db(A)
Νομοθετημένες Βιομηχανικές περιοχές	70
Περιοχές όπου επικρατεί το βιομηχανικό στοιχείο	65
Περιοχές όπου επικρατεί το βιομηχανικό με το αστικό στοιχείο ισοδυναμούν	55
Αστικές περιοχές	50

Πίνακας 10: Επιτρεπόμενα όρια στάθμης βιομηχανικού θορύβου

Όσο για τις εγκαταστάσεις που συνορεύουν με κατοικημένες περιοχές, το επιτρεπόμενο όριο στάθμης θορύβου, για μέτρηση εντός των κατοικιών, με ανοικτά παράθυρα θα πρέπει να είναι:

- 45 db(A)

³⁸ ΕΕ L 257, 10.10.1996

³⁹ ΦΕΚ 293/Α/6-10-81

4.6.5.Θόρυβος που προκαλείται από τον εξοπλισμό προς χρήση σε εξωτερικούς χώρους

Όσον αφορά στον θόρυβο που προκαλείται από τον εξοπλισμό προς χρήση σε εξωτερικούς χώρους, οι παράγοντες που τον πηγαίνουν είναι η διαφορετικότητα του χώρου, της χρονικής διάρκειας και των ατόμων που χειρίζονται τις μηχανές.

Η σχετική Οδηγία είναι η υπ' αριθμόν 2000/14/ΕΚ⁴⁰ «περί της προσεγγίσεως των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με την εκπομπή θορύβου στο περιβάλλον από εξοπλισμό προς χρήση σε εξωτερικούς χώρους». Η ισχύουσα νομοθεσία περί αυτού του εξοπλισμού, ουσιαστικά αποτελείται από 9 Οδηγίες, οι οποίες είναι οι εξής:

- 1) Οδηγία 79/113/ΕΟΚ, της 19^{ης} Δεκεμβρίου 1978, «περί του προσδιορισμού της ηχητικής εκπομπής των μηχανημάτων και υλικών του εργοταξίου» (ΕΕ L 33, 8.2.1979, σ.15, όπως τροποποιήθηκε από την 85/405/ΕΟΚ – ΕΕ L 233, 30.8.1985, σ.9)
- 2) Οδηγία 84/532/ΕΟΚ, της 17^{ης} Σεπτεμβρίου 1984, «αναφερόμενη στις κοινές διατάξεις των κρατών μελών περί του υλικού και των μηχανημάτων» (ΕΕ L 300, 19.11.1984, σ.111, όπως τροποποιήθηκε από την 88/665/ΕΟΚ – ΕΕ L 233, 30.8.1985, σ.42)
- 3) Οδηγία 84/533/ΕΟΚ, της 17^{ης} Σεπτεμβρίου 1984, «περί της επιτρεπτής στάθμης ακουστικής ισχύος των μηχανοκίνητων αεροσυμπιεστών» (ΕΕ L 300, 19.11.1984, σ.123, όπως τροποποιήθηκε από την 85/406/ΕΟΚ – ΕΕ L 233, 30.8.1985, σ.11)
- 4) Οδηγία 84/534/ΕΟΚ, της 17^{ης} Σεπτεμβρίου 1984, «περί της επιτρεπτής στάθμης ακουστικής ισχύος των πυργογερανών» (ΕΕ L 300, 19.11.1984, σ.130, όπως τροποποιήθηκε από την 87/405/ΕΟΚ – ΕΕ L 220, 8.8.1987, σ.60)
- 5) Οδηγία 84/535/ΕΟΚ, της 17^{ης} Σεπτεμβρίου 1984, «περί επιτρεπτού επιπέδου ηχητικής στάθμης των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών συγκόλλησης» (ΕΕ L 300, 19.11.1984, σ.142, όπως τροποποιήθηκε από την 85/407/ΕΟΚ – ΕΕ L 233, 30.8.1985, σ.16)
- 6) Οδηγία 84/536/ΕΟΚ, της 17^{ης} Σεπτεμβρίου 1984, «περί της επιτρεπτής στάθμης ακουστικής ισχύος των ηλεκτροπαραγωγών ζευγών ισχύος» (ΕΕ L 300, 19.11.1984, σ.149, όπως τροποποιήθηκε από την 85/408/ΕΟΚ – ΕΕ L 233, 30.8.1985, σ.18)
- 7) Οδηγία 84/537/ΕΟΚ, της 17^{ης} Σεπτεμβρίου 1984, «περί της επιτρεπτής στάθμης ακουστικής ισχύος των φορητών συσκευών θραύσης σκυροδέματος και αεροσφυρών» (ΕΕ L 300, 19.11.1984, σ.156, όπως τροποποιήθηκε από την 85/409/ΕΟΚ – ΕΕ L 233, 30.8.1985, σ.20)

⁴⁰ ΕΕ L 162, της 3^{ης} Ιουλίου 2000, σ.1

8) Οδηγία 84/538/ΕΟΚ, της 17^{ης} Σεπτεμβρίου 1984, «περί της επιτρεπτής στάθμης ακουστικής ισχύος των χαρτοκοπτικών μηχανών» (ΕΕ L 300, 19.11.1984, σ.171, όπως τροποποιήθηκε από την 88/181/ΕΟΚ – ΕΕ L 81, 26.3.1988, σ.71)

9) Οδηγία 86/662/ΕΟΚ, της 22ας Δεκεμβρίου 1986, «σχετικά με τον περιορισμό του θορύβου των υδραυλικών πτυών, των πτυών με καλώδια, των προωθητών γαίων, των φορτωτών και των φορτωτών εκσκαφένων» (ΕΕ L 384, 31.12.1986, σ.1, όπως τροποποιήθηκε από την 95/27/ΕΟΚ – ΕΕ L 168, 18.7.1995, σ.14)

Οι παραπάνω αναφέρονται και ως «οι ισχύουσες Οδηγίες» και με αυτές καθορίζονται οι προϋποθέσεις και απαιτήσεις σχετικά με τις επιτρεπόμενες στάθμες θορύβου, τους κώδικες δοκιμής θορύβου, τη σήμανση και τις διαδικασίες αξιολόγησης της συμμόρφωσης για κάθε τύπο εξοπλισμό προς χρήση σε εξωτερικούς χώρους, μεμονωμένα. Περαιτέρω ανάπτυξη των συγκεκριμένων Οδηγιών έγινε στην απόφαση 93/465/ΕΟΚ, της 22ας Ιουλίου 1993, για τις ενότητες που αφορούν στις διάφορες φάσεις των διαδικασιών αξιολόγησης της πιστότητας και τους κανόνες επίθεσης και χρήσης της σήμανσης πιστότητας «CE», που προορίζονται να χρησιμοποιηθούν στις Οδηγίες τεχνικής εναρμόνισης⁴¹.

Σύμφωνα με την Οδηγία 200/14/ΕΚ, τα κράτη μέλη πρέπει να διασφαλίζουν την τήρηση των προϋποθέσεων που ορίζονται για κάθε τύπο εξοπλισμού, που πρόκειται να διατεθεί στην αγορά ή να τεθεί σε λειτουργία εντός των κρατών μελών. Σε περίπτωση που δεν πληροί τις προϋποθέσεις θα πρέπει να εξασφαλίζεται η μελλοντική εναρμόνισή του με αυτές ειδάλτως η απόσυρσή του από την αγορά.

Οι κατασκευαστές ή ο εξουσιοδοτημένος αντιπρόσωπος για κάθε τύπου εκοπλισμό, πρέπει να είναι υπεύθυνοι για την τήρηση των παραπάνω απαιτήσεων και διατάξεων του νόμου και θα πρέπει να φέρουν επί του εκοπλισμού τη σήμανση «CE» και την ένδειξη της εγγυημένης στάθμης ακουστική ισχύος, καθώς και την αντίστοιχη δήλωση ΕΚ συμμόρφωσης, με την οποία δηλώνεται η συμμόρφωση του εξοπλισμού με τις διατάξεις της γενικής οδηγίας 200/14/ΕΚ και των υπολοίπων εννέα. Η σήμανση και η ένδειξη εγγυημένης στάθμης, είναι σημαντικές στη συνοδεία κάθε τύπου εξοπλισμό, ώστε να δίδεται η δυνατότητα επιλογής εν γνώσει, στον καταναλωτή, αλλά και να χρησιμοποιηθούν ως βάση για τις κανονιστικές ρυθμίσεις για τη χρήση του εξοπλισμού ή τη θέσπιση οικονομικών μέτρων σε τοπικό ή και εθνικό επίπεδο. Η σήμανση πρέπει να είναι σαφής και αναμφίσημη και να συνοδεύεται από την αναγραφή της εκπομπής θορύβου υπό τη μορφή εγγυημένης στάθμης ακουστικής ισχύος, και ο κατασκευαστής σαφώς πρέπει να εγγυάται τις αναγραφόμενες τιμές.

Παρακάτω παρατίθεται ένας ενδεικτικός πίνακας περί της επιτρεπόμενης στάθμης ακουστικής ισχύος για κάποιους τύπους εξοπλισμού, όπως παρατίθενται στην Οδηγία 2000/14/ΕΚ:

⁴¹ ΕΕ L 220, 30.8.1993, σ.23

Είδος εξοπλισμού	Καθαρή εγκατεστημένη ισχύς P σε kW Ηλεκτρική ισχύς $P_{el}^{(1)}$ σε kW Μάζα συσκευής m σε kg Πλάτος κοπής L σε cm	Επιτρεπόμενη στάθμη ακουστικής ισχύος L_{WA} σε dB/1 pW	
		κατά την φάση I από 3 Ιανουαρίου 2002	κατά την φάση II από 3 Ιανουαρίου 2006
Συμπεστές (δονούμενοι οδοστρωτήρες και δονούμενες πλάκες και δονούμενοι κριοί)	$P \leq 8$	108	105
	$8 < P \leq 70$	109	106
	$P > 70$	$89 + 11 \lg P$	$86 + 11 \lg P$
Ερπυστριοφόροι προωθητές, ερπυστριοφόροι φορτωτές, ερπυστριοφόροι εκσκαφείς-φορτωτές	$P \leq 55$	106	103
	$P > 55$	$87 + 11 \lg P$	$84 + 11 \lg P$
Τροχοφόροι προωθητές, τροχοφόροι φορτωτές, τροχοφόροι εκσκαφείς-φορτωτές, ανατρεπόμενα οχήματα, ισοπεδωτές, συμπυκνωτές για χώρους ταφής απορριμμάτων τύπου φορτωτή, αντισταθμιζόμενα ανυψωτικά οχήματα με κινητήρα εσωτερικής καύσης, κινητοί γερανοί, συμπεστές (μη δονούμενοι οδοστρωτήρες), διαστρωτήρες οδοποιίας, συγκροτήματα υδραυλικής ισχύος	$P \leq 55$	104	101
	$P > 55$	$85 + 11 \lg P$	$82 + 11 \lg P$

Εικόνα 4: ΕΕ L 162, 3.7.2000, σ. 7

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:162:0001:0078:EL:PDF>

Είδος εξοπλισμού	Καθαρή εγκατεστημένη ισχύς P σε kW Ηλεκτρική ισχύς P _{el} ⁽¹⁾ σε kW Μάζα συσκευής m σε kg Πλάτος κοπής L σε cm	Επιτρεπόμενη στάθμη ακουστικής ισχύος L _{WA} σε dB/1 pW	
		κατά την φάση I από 3 Ιανουαρίου 2002	κατά την φάση II από 3 Ιανουαρίου 2006
Εκσκαφείς, αναβατώρια για δομικά υλικά,	$P \leq 15$	96	93
Βαρούλκα δομικών κατασκευών, μοτοσκαπτικές φρέζες	$P > 15$	$83 + 11 \lg P$	$80 + 11 \lg P$
Χειροκατευθυνόμενες συσκευές θραύσης σκυροδέματος και αερόσφυρες	$m \leq 15$	107	105
	$15 < m < 30$	$94 + 11 \lg m$	$92 + 11 \lg m$
	$m > 30$	$96 + 11 \lg m$	$94 + 11 \lg m$
Πυργογερανοί		$98 + \lg P$	$96 + \lg P$
Ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη συγκόλλησης και ηλεκτροπαραγωγά ζεύγη ισχύος	$P_{el} \leq 2$	$97 + \lg P_{el}$	$95 + \lg P_{el}$
	$2 < P_{el} \leq 10$	$98 + \lg P_{el}$	$96 + \lg P_{el}$
	$10 > P_{el}$	$97 + \lg P_{el}$	$95 + \lg P_{el}$
Αεροσυμπιεστές	$P \leq 15$	99	97
	$P > 15$	$97 + 2 \lg P$	$95 + 2 \lg P$
Χλοοκοπτικές μηχανές, μηχανές ξακρίσματος χλοοτάπητα, μηχανές ξακρίσματος παρυφών χλοοτάπητα	$L \leq 50$	96	94 ⁽²⁾
	$50 < L \leq 70$	100	98
	$70 < L \leq 120$	100	98 ⁽²⁾
	$L > 120$	105	103 ⁽²⁾

Εικόνα 5: EE L 162, 3.7.2000, σ. 8

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2000:162:0001:0078:EL:PDF>

Σε περιπτώσεις βεβαίως μεγάλων ή ειδικών έργων (π.χ κατασκευή ΜΕΤΡΟ), με όμοια απόφαση, τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται για αυτό το σκοπό μπορεί να εξαιρούνται από τις ρυθμίσεις της παραπάνω απόφασης.

Με βάση τώρα τα μέτρα που έχουν οριστεί για την καταπολέμηση του θορύβου ή των δονήσεων, εκδίδεται κοινή απόφαση του ΥΠΕΧΩΔΕ και του Υπουργού Εμπορίας, με την οποία επιβάλλονται και κάποιες προδιαγραφές ποιότητας που αφορούν στην παραγωγή, εισαγωγή και εμπορία υλικών και εξαρτημάτων που κατασκευάζονται για αυτόν τον σκοπό. Στην περίπτωση που δεν τηρούνται αυτές οι προδιαγραφές, τότε μπορεί να

επιβληθεί απαγόρευση της κυκλοφορίας τους.

Πιο συγκεκριμένα, για να επιραπεί η χρήση οποιασδήποτε μηχανής, οχήματος ή οργάνου, εκδίδεται κοινή απόφαση του ΥΠΕΧΩΔΕ και του κατά περίπτωση αρμόδιου υπουργού, με την οποία καθορίζονται:

- περιορισμοί στην παραγωγή, εισαγωγή, εμπορία και χρήση κάθε είδους οχημάτων ή μηχανών, που προκαλούν ηχητική ενόχληση κατά τη λειτουργία τους
- οριακές στάθμης θορύβου και δονήσεων για κάθε εν λειτουργία όχημα ή μηχανή
- τρόποι μέτρησης των αντίστοιχων ηχητικών σταθμών
- διαδικασία έγκρισης, όροι ή και πλήρης απαγόρευση παραγωγής, εισαγωγής, εμπορίας και χρήσης ή λειτουργίας οχημάτων, μηχανών ή οργάνων, σε περίπτωση που δεν πληρούν τις αντίστοιχες προδιαγραφές
- μέτρα καταπολέμησης του θορύβου και των δονήσεων από οχήματα ή μηχανές, που έχουν ήδη εισαχθεί ή κατασκευασθεί στην Ελλάδα και λειτουργούν κατά τον χρόνο επιβολής των περιορισμών

Τέλος, εκδόθηκε με τη Σύσταση της Επιτροπής, της 6ης Αυγούστου 2003, έκθεση σχετικά με τις κατευθυντήριες γραμμές για τις αναθεωρημένες προσωρινές μεθόδους υπολογισμού για το βιομηχανικό θόρυβο, τους αεροπορικούς θορύβους, τους θορύβους οδικής και σιδηροδρομικής κυκλοφορίας, καθώς και τα δεδομένα εκπομπής (Οδηγία 2003/613/ΕΚ⁴²).

Συμπληρωματικά, στο Παράρτημα της Οδηγίας 2003/613/ΕΚ, αναγράφονται οι «Κατευθυντήριες γραμμές για τις αναθεωρημένες προσωρινές μεθόδους υπολογισμού για το βιομηχανικό θόρυβο, τους αεροπορικούς θορύβους, τους θορύβους οδικής και σιδηροδρομικής κυκλοφορίας, καθώς και τα δεδομένα εκπομπής» .

4.6.6. Θόρυβος στα αιολικά πάρκα

Άλλος ένας τομέας που ερευνάται τα τελευταία χρόνια, είναι η εκπομπή θορύβου από τα αιολικά πάρκα και το πόσο αυτή επιβαρύνει το συνολικό περιβαλλοντικό θόρυβο, αλλά και τα επίπεδα ενόχλησης σε κατοικίες που μπορεί να βρίσκονται σχετικά κοντά. Για την κατασκευή κάθε αιολικού πάρκου πρέπει να γίνονται μελέτες και μετρήσεις για τον ακριβή προσδιορισμό των επιπέδων εκπομπής θορύβου. Οι οριακές τιμές στάθμης έντασης που προτείνονται για έναν ανεμόμυλο με ταχύτητα 15m/s, θα πρέπει να είναι:

- 35-40 db(A), κατά τη διάρκεια της ημέρας

και

⁴² ΕΕ L 212, της 6^{ης} Αυγούστου 2003, σ.49

- 40 db(A), κατά τη διάρκεια της νύχτας, με ανοιχτά παράθυρα
- 30 db(A), κατά τη διάρκεια της νύχτας, με κλειστά παράθυρα

Τα όρια αυτά μπορούν να αυξηθούν κατά 3-5 db, αν υπάρχουν οι κατάλληλες βελτιώσεις εξοπλισμού και εγκαταστάσεων.

4.7. Ενέργειες για τη Μείωση του Θορύβου σύμφωνα με την Πράσινη Βίβλο της Επιτροπής Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων

Η Πράσινη Βίβλος, όπως συντάχθηκε τελευταία ως έκθεση της Επιτροπής, το Νοέμβριο του 1996, αναφερόμενη σε όλους τους τύπους θορύβου που αναφέρθηκαν παραπάνω. Με την έκθεση αυτή προτείνονται κατά βάση:

- οριακές τιμές στάθμης εκπομπής για κάθε πηγή θορύβου, με τις οποίες θα συμμορφώνεται κάθε κράτος της Ε.Ε, ορίζοντας μία υποχρεωτική διαδικασία πιστοποίησης συμμόρφωσης για κάθε πηγή, πριν την χρησιμοποίησή της.
- κριτήρια της ποιότητας του θορύβου
- διαχωρισμός των κατοικιών που βρίσκονται στις 'επικίνδυνες' θορυβικές ζώνες και προστασία μείωσης των επιπέδων θορύβου εκεί ή/και απομάκρυνση των κατοίκων από τις περιοχές αυτές.

Η Πράσινη Βίβλος, είναι διαθέσιμη στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
<http://ec.europa.eu/environment/noise/greenpap.htm#situ>

Σύμφωνα επίσης, με τα στοιχεία της Πράσινης βίβλου, ένα υπόδειγμα της προόδου που έχει επιτευχθεί από το 1972, όπου έγινε η πρώτη επίσημη εφαρμογή σχεδίων και μέτρων για μείωση θορύβου, έως το 1996 που συντάχθηκε η πιο πρόσφατη έκδοση της Βίβλου, φαίνεται στους παρακάτω Πίνακες, για Μηχανοκίνητα Οχήματα.

Μηχανοκίνητα Οχήματα

Κατηγορία οχήματος	1972	1982	1988/90	1995/96
Επιβατικό αυτοκίνητο	82 db(A)	80 db(A)	77 db(A)	74 db(A)
Αστικό λεωφορείο	89 db(A)	82 db(A)	80 db(A)	78 db(A)
Φορτηγό	91 db(A)	88 db(A)	84 db(A)	80 db(A)

Πίνακας 11: Υπόδειγμα προόδου για θόρυβο οδικής κυκλοφορίας από το 1972-1996 (για μηχανοκίνητα οχήματα).

Παρατηρούμε μία μείωση της τάξεως των 8 – 10 db(A), κατά μέσο όρο σε κάθε κατηγορία.

Μηχανοκίνητα Οχήματα με δύο και τρεις τροχούς

Μοτοσικλέτες και 3τροχα οχήματα	1980	1989	Υπόδειξη
<80 κυβ.εκατ	78 db(A)	77 db(A)	75 db(A)
>80<175 κ.ε	80-83 db(A)	79 db(A)	77 db(A)
>175 κ.ε.	83-86 db(A)	82 db(A)	80 db(A)

Πίνακας 12: Υπόδειγμα προόδου για θόρυβο οδικής κυκλοφορίας από το 1980-1989, (για δίκυκλα και τρίκυκλα οχήματα).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΥΠΟΗΧΟΥΣ

5.1. Υπόηχοι και θόρυβος

Στις σύγχρονες κοινωνίες, όπως έχει αναφερθεί η ύπαρξη θορύβου αποτελεί φαινόμενο βιομηχανικών περιοχών, αλλά και περιοχών που βρίσκονται κοντά σε αυτοκινητόδρομους, εθνικές οδούς κτλ, σε αστικές κατοικημένες περιοχές, σε ιδιαιτερούς, επαγγελματικούς αλλά και σε ανοιχτούς χώρους δημόσιας ψυχαγωγικής και σωματικής δραστηριότητας, όπως πάρκα, στάδια κτλ.

Εκτός όμως από τον περιβαλλοντικό θόρυβο, σημαντικό πρόβλημα αποτελεί και η εκπομπή υποήχων, που 'συνοδεύει' συνήθως τις θορυβώδεις πηγές (οχήματα, μηχανές ή συσκευές), και σε αυτό το σημείο έρχεται η έννοια του 'χαμηλόσυχνου θορύβου' (*Low Frequency Noise - LFN*), που εκτείνεται ουσιαστικά από το 1 Hz – 200 Hz, με το υποηχητικό εύρος των 1 Hz – 20 Hz και το ακουστικό των 20Hz- 200Hz. Έτσι, ο θόρυβος μπορεί να είναι 'ακουστός' από το ανθρώπινο αυτί, όταν είναι συχνότητας άνω των 20Hz, ενώ κάτω από αυτό το συχνотικό όριο γίνεται 'αισθητός', εφόσον παράγεται σε υψηλή ηχητική ένταση (ή ηχητική πίεση), ως δόνηση ή πίεση στα αυτιά και άλλες τέτοιου τύπου αισθήσεις.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας-ΠΟΥ [*WHO*], όλο και περισσότεροι άνθρωποι εκτίθενται καθημερινά σε θόρυβο ηχητικής στάθμης έντασης άνω των 55 db (A) , ενώ ποσοστό άνω του 45 % αντιστοιχεί σε ανθρώπους που ζουν σε περιοχές, οι οποίες έχουν κριθεί ακατάλληλες όσον αφορά στον περιβαλλοντικό θόρυβο. Το πρόβλημα βεβαίως, παίρνει μεγαλύτερες διαστάσεις, αν εστιάσουμε στο υποηχητικό εύρος, που λόγω της ανικανότητας μας να το αντιληφθούμε με την ακοή, μπορεί να κυριαρχεί στο περιβάλλον σε υψηλά επίπεδα στάθμης έντασης- υψηλότερα ίσως από τον ακουστό θόρυβο και εμείς απλώς να 'απολαμβάνουμε' ασυνείδητα τις αρνητικές τους επιδράσεις. Διότι όσες έρευνες έχουν διεξαχθεί έως τώρα και όπως αναφέρεται στο Κεφ. 1 της παρούσης, έχουν δείξει πως η έκθεση ενός ατόμου σε υπόηχους, μπορεί να προκαλέσει πολύ σοβαρότερα προβλήματα στον ανθρώπινο οργανισμό, επηρεάζοντας όχι μόνο την ακοή, αλλά και άλλες αισθήσεις και όργανα του σώματος.

Διάφορες συσκευές, μηχανές κτλ είναι πηγές χαμηλόσυχνου θορύβου (όπως λέβητες, ανεμιστήρες, απορροφητήρες κ.α.). Συχνή εμφάνιση υποήχων έχουμε και στις βιομηχανίες ένεκα του γεγονότος ότι υπάρχουν μηχανές που κατά τη λειτουργία τους ενδέχεται να παράγουν κάποιο υπόηχο και φυσικά πολλές παράλληλες και μεγάλες επιφάνειες, απόστασης μεταξύ τους 10, 20 ή και 30 μέτρων, όπου εύκολα έχουμε αντηχήσεις και στάσιμα κύματα.

Η ενόχληση που προκαλείται από τις χαμηλές και υποηχητικές συχνότητες του 'χαμηλόσυχνου θορύβου', σχετίζεται και με την 'απουσία' των υψηλών συχνοτήτων, οι

οποίες εάν υπάρχουν, έχουν μία 'καλυπτική' δράση. Οι υψηλές συχνότητες, 'χάνονται' σε μεγάλες αποστάσεις και απορροφώνται από συμπαγή και σκληρά υλικά (όπως οι τιμμεντένιοι τοίχοι ενός κτιρίου). Έτσι υπερταίρουν οι χαμηλές συχνότητες, όπου φτάνουν στα αυτιά μας και δημιουργούν το αίσθημα της ενόχλησης.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα, αφορά τα άτομα της τρίτης ηλικίας, οι οποίοι είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι σε χαμηλόσυχνους ήχους, ενοχλούνται δηλαδή εξαιρετικά από τέτοιους ήχους εντάσης που μπορεί να μην είναι ιδιαίτέρως αντιληπτοί από νεότερα άτομα. Αυτό συμβαίνει επειδή ο άνθρωπος καθώς μεγαλώνει σε ηλικία, χάνει την ευαισθησία της ακοής του στις υψηλές συχνότητες. Έτσι, το αυτί ενός ηλικιωμένου ατόμου, λαμβάνει κυρίως ή μόνο τις χαμηλές συχνότητες, με αποτέλεσμα ο εγκέφαλος να επικεντρώνεται σε αυτές (π.χ όταν ακούμε έναν αμιδρό ήχο, συγκεντρωνόμαστε για να τον ακούσουμε καλύτερα και καθαρότερα), και να τις αντιλαμβάνεται ως εξαιρετικά ενοχλητικές.

Ωστόσο, βάσει εκτενούς έρευνας και μελέτης, διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει ακόμη επίσημη νομοθεσία επιτρεπόμενων οριών στάθμης έκθεσης για συχνότητες κάτω των 200Hz, στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Η μοναδική επίσημη νομοθετική ρύθμιση που υπάρχει έως τώρα είναι αυτή της Γερμανίας, με την Οδηγία DIN 45680. Η νομοθετική αυτή ρύθμιση, τέθηκε ως 'οδηγός' για το Κυβερνητικό Διάταγμα "TA Laerm"- 6^η έκδοση της 26^{ης} Αυγούστου 1998 - και ισχύει από την 1^η Νοεμβρίου 1998. Όμως, δεν έχει δοθεί σε διαθεσιμότητα για τα υπόλοιπα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Συνεπώς, τα στοιχεία που συλλέχθηκαν για την έκθεση σε υποηχητικές συχνότητες κυρίως, είναι κατά κάποιο τρόπο ελλιπή, ενώ τα αποτελέσματα και τα επιτρεπόμενα όρια ενόχλησης που αφορούν στην έκθεση, είναι τα προτεινόμενα από τους επίσημους Περιβαλλοντικούς Οργανισμούς και από αντίστοιχες έρευνες, μελέτες και πειραματικές διαδικασίες, που έχουν γίνει έως τώρα, ανά τον κόσμο.

5.2. Α-στάθμιση, Β-στάθμιση, C-στάθμιση, G-στάθμιση

Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1, το ανθρώπινο αυτί αντιλαμβάνεται έναν ήχο 'λογαριθμικά' και υπάρχουν κάποιες καμπύλες ισοδύναμης ακουστότητας (phons), που δείχνουν την απαιτούμενη ένταση, σε db, για να γίνει ένας ήχος που παράγεται στο περιβάλλον, ισοδύναμα ακουστός από το αυτί μας. Για το λόγο αυτόν, δημιουργήθηκε μία στάθμιση στα όργανα μέτρησης ήχου (τα ηχώμετρα), η οποία λαμβάνει την ένταση σε db του παραγόμενου ήχου και κάνοντας την αντίστοιχη προσαφαίρεση, μας δείχνει την 'ισοδύναμη' ηχητική ένταση (σε db), για την ανθρώπινη ακοή. Η στάθμιση αυτή ονομάζεται Α-στάθμιση (A-weighting) η οποία είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη γιατί είναι η πιο αντικειμενική ως προς την ανθρώπινη ακοή, και η μονάδα μέτρησης είναι τα db(A). Άλλες σταθμίσεις που χρησιμοποιούνται, για μεγαλύτερη ακρίβεια, είναι οι Β και C, οι οποίες αφορούν σε μετρούμενες εντάσεις 55 db – 85 db και >85 db, αντίστοιχα.

Έρευνες όμως έδειξαν, ότι η ευρέως χρησιμοποιούμενη Α-στάθμιση δεν αντικατοπτρίζει πλήρως την πραγματική ενόχληση που προκαλείται από το χαμηλής

συχνότητας θόρυβο και τον υποηχητικό θόρυβο. Για καλύτερα λοιπόν αποτελέσματα, έπρεπε να βρεθεί άλλη μίς στάθμιση που να καλύπτει το εύρος των 1Hz -20Hz. Για το σκοπό αυτό έχει προταθεί η G-στάθμιση, βάσει του προτύπου ISO 7196 (1995), όπου συμβολίζεται ως L_{pg} και έχει μονάδα μέτρησης το db(G).

Η χαρακτηριστική καμπύλη της τελευταίας στάθμισης έχει μία απότομη πτώση, της τάξεως των 24 Db ανά οκτάβα, από τα 25 Hz και πάνω. Επίσης, παρουσιάζει ισοδυναμία (μηδενική στάθμη έντασης), στα 10 Hz, δηλαδή ένας ήχος τέτοιας συχνότητας με G-στάθμιση έχει την ίδια τιμή 'μη-σταθμισμένης' ηχητικής έντασης. Μεταξύ του 1Hz – 16 Hz, η καμπύλη προσεγγίζει μία ευθεία γραμμή με κλίση 12 db ανά οκτάβα.

Στον παρακάτω πίνακα δίδονται αναλυτικά οι τιμές στάθμης έντασης της G-σταθμισμένης καμπύλης, σε κάθε ζώνη τριτοκτάβας από τα 0 – 100 Hz:

Κεντρική Συχνότητα Τριτοκτάβας	Απόκριση καμπύλης G-στάθμισης db (G)	Κεντρική Συχνότητα Τριτοκτάβας	Απόκριση καμπύλης G-στάθμισης db (G)
0.25	-88	5.0	-12.0
0.315	-80	6.3	-8.0
0.4	-72.1	8.0	-4.0
0.5	-64.3	10.0	0.0
0.63	-56.6	12.5	4.0
0.8	-49.5	16.0	7.7
1.00	-43.0	20.0	9.0
1.25	-37.5	25.0	3.7
1.6	-32.6	31.5	-4.0
2	-28.3	40	-12.0
2.5	-24.1	50	-20.0
3.15	-20.0	63	-28.0
4.0	-16.0	80	-36.0
		100	-44.0

Πίνακας 13: Χαρακτηριστική καμπύλη G-στάθμισης, βάσει του προτύπου ISO 7196 (1995).

5.3. Προτεινόμενα επιτρεπόμενα όρια στάθμης έντασης για συχνότητες από 1Hz – 200 Hz

Το 'όριο ενόχλησης' για ένα εκτεθειμένο άτομο σε υπόηχους είναι ηχητική στάθμη τάξεως 110-115db(G), σύμφωνα με τη 'διόρθωση' A-στάθμισης σε σχέση με την G-στάθμιση που φαίνεται στον πίνακα παρακάτω⁴³. Αύξηση της τάξεως των +20db από αυτό το όριο δίνει την αίσθηση εξαιρετικής ενόχλησης και άρα αποτελεί τα 'ανώτατα όρια ενόχλησης', ενώ χαμηλότερες στάθμες πίεσης, δηλαδή γύρω στα 85-90 db(G) δεν ενοχλούν ιδιαίτερα.

Σύμφωνα με το νέο πρότυπο ISO 226:2003⁴⁴, οι οριακές τιμές στάθμης έντασης, σε db, που αφορούν στην ενόχληση από την έκθεση σε χαμηλόσυχο θόρυβο (1 Hz- 200 Hz), αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

Κεντρική Συχνότητα Ζώνης Τριτοκτάβας, σε Hz	Οριακές τιμές στάθμης έντασης, σε db	Κεντρική Συχνότητα Ζώνης Τριτοκτάβας, σε Hz	Οριακές τιμές στάθμης έντασης, σε db
4.0	107	40.0	51
8.0	100	50.0	44
10.0	97	63.0	38
12.5	92	80.0	32
16.0	88	100.0	27
20.0	79	125.0	22
25.0	69	160.0	18
31.5	60	200.0	14

Πίνακας 14: Οριακές τιμές στάθμης έντασης που αφορούν στην ενόχληση από θόρυβο συχνότητας 1 Hz – 200 Hz, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 226:2003.

Παρατηρούμε ότι η σχέση συχνότητας-ηχητικής στάθμης είναι αντίστροφη. Ενώ υπάρχει ένα 'πέναλτυ' της τάξεως των 5 Db, γενικότερα σε τέτοιες μετρήσεις, για τυχόν υπάρχει συνοδευτικών ή στιγμιαίων θορύβων, που μπορεί να μην ελήφθησαν από τη συσκευή μέτρησης. Για παράδειγμα, στα 10.0 Hz, η προτεινόμενη οριακή στάθμη ενόχλησης, από 97 db, θα γίνει 92 db.

Στον πίνακα φαίνονται οι μέσες τιμές οριακής στάθμης έντασης, όσον αφορά την

⁴³ Εφόσον το 'κατώφλι ακουστότητας είναι ίσο με 75 db

⁴⁴ Διόρθωση του παλαιού προτύπου ISO 226:1987.

ενόχληση από την έκθεση σε συχνότητες 1Hz – 200 Hz (με σάρωση σε ζώνες τριτοκτάβας), για ένα δείγμα (10%) ατόμων ηλικίας 55-60 ετών, όπως και η αναγωγή των ορίων αυτών σε db(A).

Ζώνες τριτοκτάβας	Κεντρική συχνότητα ζώνης τριτοκτάβας, σε Hz	Μέση τιμή στάθμη ηχητικής έντασης, σε db (G)	Μέση τιμή στάθμης ηχητικής έντασης, σε A-στάθμιση, σε db(A)	Μέση τιμή στάθμης ηχητικής έντασης, με αναγωγή σε A-στάθμιση σε db(A)
1	8.0	95	-77.8	17.2
2	10.0	92	-70.4	21.6
3	12.5	88	-63.4	24.6
4	16.0	84	-56.7	27.3
5	20.0	75	-50.5	24.5
6	25.0	62	-44.7	17.3
7	31.5	55	-39.4	15.6
8	40.0	46	-34.6	11.4
9	50.0	39	-30.2	8.8
10	63.0	33	-26.2	6.8
11	80.0	27	-22.5	4.5
12	100.0	22	-19.1	2.9
13	125.0	18	-16.1	1.9
14	160.0	14	-13.4	0.6
15	200.0	10	-10.9	-0.9

Πηγές: ISO/CD 1996-1, AS 1259.1-1990

Πίνακας 15: Μέσες τιμές οριακής ηχητικής στάθμης, που αφορούν σε δείγμα 10% του πληθυσμού ατόμων ηλικίας 55-60 ετών, αναγόμενες σε A-στάθμιση (σε db(A)).

Η υπέρβαση των παραπάνω τιμών, όσον αφορά στο χαμηλόσυχο θόρυβο έως και τη ζώνη των 63 Hz, δεν μπορεί να ξεπερνά

- τα 5 db, κατά τη διάρκεια της ημέρας
- τα 0 db, κατά τη διάρκεια της νύχτας

Όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα οι τιμές υπέρβασης των προτεινόμενων ορίων, όσον αφορά στην ενόχληση (σε κατάταξη ζωνών τριτοκτάβας), για όλο το εύρος χαμηλόσυχνου θορύβου(υποηχητικού και ακουστικού) είναι:

Χρονική περίοδος	8-63Hz	80Hz	100Hz	>100Hz και <200Hz
Ημέρα	5 db	10 db	15 db	17
Απόγευμα/ νύχτα	0 db	5 db	10 db	12

Πίνακας 16: Υπέρβαση των προτεινόμενων επιτρεπόμενων ορίων ενόχλησης για θόρυβο 1Hz-200Hz.

Με αυτές τις τιμές, δεν παρουσιάζεται ενόχληση στα εκτεθειμένα άτομα, κατά τη διάρκεια της νύχτας, ενώ η ενόχληση που θα νιώθουν κατά τη διάρκεια της ημέρας θα είναι αρκετά μικρή ώστε να καθίσταται ανεκτή και μη επιβλαβής. Αυτά ισχύουν εφόσον η διάρκεια έκθεσης αντιστοιχεί σε μικρό χρονικό διάστημα, αποκλείωντας φυσικά, τη μακροχρόνια έκθεση.

Οι έρευνες σε άτομα που εκτίθενται σε τέτοιες συχνότητες, έχουν δείξει σε γενικές γραμμές, ότι οι συνήθεις ενοχλήσεις που παρουσιάζονται από την έκθεση σε υπόηχους με στάθμη έντασης άνω των 120 db (έως 150db) για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ή σε έντονους (όσον αφορά τη στάθμη έντασης) αλλά στιγμιαίους υπόηχους σε μικρότερα χρονικά διαστήματα, αφορούν πόνο και πίεση στα αυτιά, διαταραχές διαφόρων οργάνων του σώματος (στομάχι κτλ), πονοκεφάλους, ζαλάδες, κόπωση, μείωση αντανακλαστικών, διαφοροποιήσεις στην αρτηριακή πίεση και στους παλμούς της καρδιάς.

Επίσης, άνθρωποι που εργάζονται καθημερινά σε χώρους συνεχούς έκθεσης σε υπόηχους, παρουσιάζουν μεγαλύτερα επίπεδα ανοχής, όσον αφορά τα όρια στάθμης έντασης και το χρονικό διάστημα. Σημαντικό παράδειγμα, αποτελούν οι οδηγοί φορτηγών μεταφορών, όπου διανύουν τεράστιες αποστάσεις για μεγάλα χρονικά διαστήματα και ουσιαστικά υπόκεινται σε διαρκή έκθεση σε υπόηχους στάθμης περίπου 110-115db, ή τα άτομα που εργάζονται σε βιομηχανικές περιοχές. Για αυτά τα άτομα, πρακτικά μία στάθμη έντασης των 115 db υποηχητικού κύματος μπορεί να ισοδυναμεί σε 'ενόχληση'/ 'ανοχή' με τη στάθμη των 85 db (A), που αποτελεί τη μέγιστη τιμή ορίου ενόχλησης για την έκθεση σε θόρυβο.

Βάσει της λογικής πλευράς, τα επιτρεπόμενα όρια για τους τελευταίους θα πρέπει να είναι υψηλότερα, όμως η έλλειψη ολοκληρωμένης έρευνας και ανάπτυξης επί του θέματος, δε μας δίνει τη δυνατότητα να αναφερθούμε με ακρίβεια σε επιτρεπόμενες στάθμες έκθεσης για το δημόσιο κοινό και για τους εργαζομένους ξεχωριστά. Παρ όλα αυτά όμως, και παρά την ανεκτικότητα των εργαζομένων, οποιοδήποτε φαινόμενο δυσφορίας ή άλλου αρνητικού συμπτώματος στην υγεία τους θα πρέπει να αναφέρεται στον εργοδότη ή στην αρμόδια αρχή, ούτως ώστε να ληφθούν μέτρα για την προστασία της υγείας τους αλλά και να δοθεί ισχυρό κίνητρο σε περαιτέρω έρευνα και μελέτη στον τομέα του υποηχητικού θορύβου σε εργασιακούς, δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους.

Σε ένα σχετικό πείραμα που θα μπορούσαμε να αναφέρουμε⁴⁵, όπου εκτέθηκαν άτομα σε υπόηχους συχνότητας:

- 3 έως 6 Hz
 - 6 έως 12 Hz
 - 12 έως 24 Hz
- με στάθμη έντασης 110 dB

και

- σε συνδυασμό των 6-12 Hz, με θόρυβο από μοτοσυκλέτα, συχνότητας 500Hz-2kHz κ στάθμης έντασης 75 Db,

φάνηκε ότι οι ψυχολογικές αντιδράσεις και η έλλειψη συγκέντρωσης και προσανατολισμού αυξανόταν με την αύξηση της συχνότητας, ενώ τα αντανακλαστικά, οι παλμοί της καρδιάς και η αναπνοή δεν επηρεάστηκαν ιδιαίτερα υπό αυτές τις συνθήκες έκθεσης.

Επομένως, μπορούμε να υποθέσουμε, βάσει αυτών των αποτελεσμάτων όπως και των πινάκων, ότι στις υψηλότερες συχνότητες του υποηχητικού εύρους παρουσιάζεται μεγαλύτερη ενόχληση από ό,τι στις χαμηλότερες (για τα ίδια επίπεδα στάθμης έντασης).

Βάσει λοιπόν όλων των παραπάνω,

- οι προτεινόμενες οριακές τιμές ηχητικής στάθμης, σε db(G), για το εύρος των 1Hz – 200 Hz, σε 24ώρη διάρκεια έκθεσης, είναι:

- 85 db(G), εντός κατοικιών, σχολικών αιθουσών ή γραφείων.

και

- 90 db(G), σε οποιοδήποτε επαγγελματικό χώρο, εμπορικές επιχειρήσεις κτλ.

και

- το ανώτατο όριο ενόχλησης από την έκθεση σε υπόηχους και χαμηλόσυχο θόρυβο (1Hz – 63 Hz) είναι:

⁴⁵ Dr- Ing. Hani Mahmoud El Nokrashy, Nokrashy Engineering, *Infrasound Under Control*. An de Masch 24, D-25488 Holm, Γερμανία. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση:

www.nokraschy.net/Infrasound.pdf

Επιπλέον μετρήσεις της παραπάνω έρευνας, αναφέρονται στο Παράρτημα I της παρούσης.

- 120-125 db. Όριο 'ενόχλησης'/ 'ανοχής'.
- + 5 db. Επιτρεπόμενο όριο κατά τη διάρκεια της ημέρας, δηλ 06:00 π.μ. – 22:00 μ.μ.
- + 0 db. Επιτρεπόμενο όριο κατά τη διάρκεια της ημέρας, δηλ 22:00 μ.μ. – 06:00 π.μ.

- Να υπενθυμισθεί στο σημείο αυτό ότι οι οριακές τιμές ανοχής/ενόχλησης για τον 'ακουστό' θόρυβο (*audible noise*), διαφέρει φυσικά από αυτές που ισχύουν για τους υπόηχους. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψην πάντα ώστε να αποφεύγεται η σύγχυση των τιμών ή η σύγκριση και αντιμετώπιση των υποήχων σαν να είναι 'ακουστοί' ήχοι.

Έτσι, τα επιτρεπόμενα όρια έντασης για τον 'ακουστό' θόρυβο όπως έχουμε αναφέρει, είναι:

- 85 db (A). Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή εντός των βιομηχανικών και άλλων θορυβικών περιοχών.

- 50 db (A). Μέση τιμή σε κατοικημένες περιοχές (εξωτερικά των οικημάτων) κατά τη διάρκεια της ημέρας, με ανοικτά παράθυρα.

- 35 db (A). Μέση τιμή σε κατοικημένες περιοχές κατά την περίοδο της νύχτας, με κλειστά παράθυρα.

Η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή των 85 db (A), αντιπροσωπεύει το όριο ενόχλησης για την ανθρώπινη υγεία, διότι πάνω από αυτό κ σε ιδιαίτερα σε μακροχρόνια έκθεση μπορεί να προκληθεί βλάβη στην ακοή έως και ολική κώφωση στις ακραίες περιπτώσεις, αλλά και γιατί σε τέτοιες ηχητικές εντάσεις ο οργανισμός βρίσκεται σε πίεση (στρες), παρουσιάζοντας δυσκολία σε διάφορες καθημερινές λειτουργίες του, όπως για παράδειγμα συμβάίνει με την επικοινωνία και κατανόηση της ομιλίας, ενώ ο ομιλητής αναγκάζεται να καταβάλει μεγαλύτερη προσπάθεια (με αποτέλεσμα να πιέζει και να φθείρει τις φωνητικές χορδές, να πιέζει τους μύς του λαιμού και όλης της γύρω περιοχής κτλ), για να μπορεί να έχει δυνατή και ευδιάκριτη ομιλία ή επιθετικότητα στη συμπεριφορά, δεύτερο πρόβλημα στην κοινωνικότητα και επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων, μειωμένη απόδοση στην εργασία κ.α.

• Προτεινόμενα όρια στάθμης έντασης (ως προς την ενόχληση) για 'ασφαλή' έκθεση σε υπόηχους, όπως προτάθηκαν από τους παρακάτω Οργανισμούς:

- OSHA (Occupational Safety and Health Administrator)⁴⁶: 90-115 db , για έκθεση σε υπόηχους, χρονικής διάρκειας 25 λεπτών-8 ώρες.

- NASA (National Air and Space Administration)⁴⁷: 120db, για 24ωρη έκθεση, στα 1-16Hz (εντός των διαστημικών σκαφών)

- NZ OSHS (New Zealand Occupational Safety & Health Service)⁴⁸, χρησιμοποιούν τον οδηγό επιτρεπόμενων ορίων έκθεσης σε υπόηχους, που δόθηκε από τους von Gierke and Nixon and Woodson⁴⁹, σύμφωνα με τον οποίο προτείνεται ένα εύρος ορίων έκθεσης που κυμαίνεται από τα 136 dB ως τα 123 dB ,για συχνότητα 1 Hz έως και τα 20 Hz,αντίστοιχα, σε 8ωρη βάση. Για μικρότερες ή μεγαλύτερες χρονικές διάρκειες έκθεσης το εύρος στάθμης αυτό, προσαρμόζεται αναλόγως, με διαφορά +/- 3 db. **Για παράδειγμα, εάν η διάρκεια είναι η μισή (4 ώρες), το επίπεδο μπορεί να αυξηθεί κατά 3 db, και αντιστρόφως.**

- ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)⁵⁰: έως 145db, για έκθεση σε συχνότητες 1Hz – 80 Hz, χρονικής διάρκειας μικρότερης των 2 δευτερολέπτων.

5.4. Μέθοδοι αντιμετώπισης του προβλήματος

Για την επίλυση βεβαίως της ενόχλησης από υποηχητικό θόρυβο, δεν επαρκούν τα διάφορα ακοοπροστατευτικά μέτρα ή οι ηχομονώσεις, γιατί όπως ξέρουμε οι ήχοι με μεγάλα μήκη κύματος μεταφέρονται άνετα και διαπερνούν ιδιαίτερως απορροφητικά υλικά. Οπότε, η πιο αποτελεσματική λύση, είναι η μείωση του θορύβου από την πηγή. Η δυσκολία είναι στον ακριβή καθορισμό της θέσης της πηγής, ιδιαίτερα μέσα σε σπίτια και κτίρια, και η διαφοροποίηση του κάθε θορύβου, αφού παρεμβάλεται πλήθος παραμέτρων που μπορεί να επιδρούν ή να προκαλούν θόρυβο (ανακλάσεις σε τοίχους, ενισχύσεις, στάσιμα κύματα κτλ).

⁴⁶ www.osha.gov

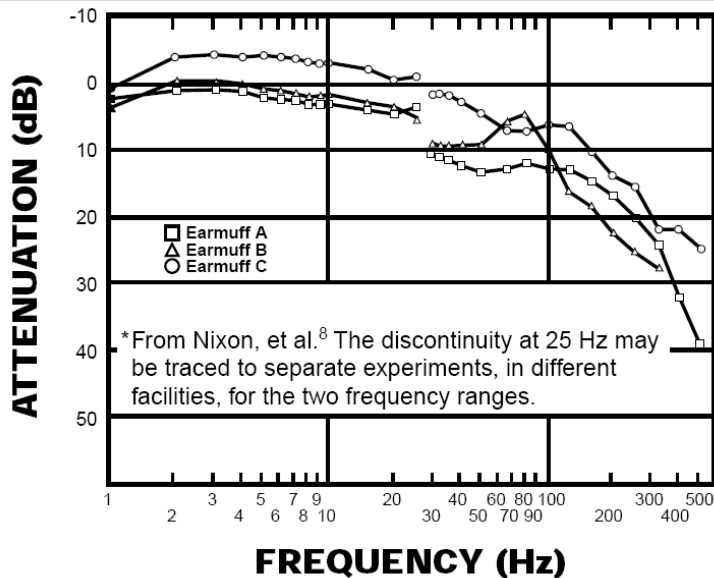
⁴⁷ NASA (National Air and Space Administration). 1995. Κεφάλαιο 5, *Natural and induced environments*. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
<http://procure.msfc.nasa.gov/jsc/documents/RFIBJ2PP1I/ssp50005rb5.pdf>.

⁴⁸ NZ OSHS (New Zealand Occupational Safety & Health Service). 1996. *Approved Code of Practice for the Management of Noise in the Workplace*. Occupational Safety & health Service, Department of Labour, Wellington, Νέα Ζηλανδία. Διατίθεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
<http://www.osh.dol.govt.nz/order/catalogue/pdf/NoizeACOP.pdf>

⁴⁹ von Gierke, H.E. and Nixon, C.W. (1976). "*Effects of Intense Infrasound on Man*" in *Infrasound and Low Frequency Vibration*, edited by W. Tempest. Academic Press, New York, NY, 115-150.

⁵⁰ www.acdih.org

Βάσει μίας έρευνας για την ακοή και την προστασία αυτής, του ELLIOTT H. BERGER, με τίτλο «*Protection for Infrasonic and Ultrasonic Noise Exposure*», που παρουσιάστηκε σε μία σειρά συνεδρίων περί ακοής και προστασίας αυτής (βλ. βιβλιογραφία "EARLOG-Conference series"), στον τομέα που αφορά στις υποηχητικές συχνότητες, παρατίθεται η απόκριση 3 διαφορετικών τύπων ακοοπροστατευτικών μέσων, υπό τη μορφή ωτοασπίδας, σύμφωνα με πειραματικές μετρήσεις, όπως φαίνεται παρακάτω:



Εικόνα 6: www.aearo.com/pdf/hearingcons/earlog14

Παρατηρούμε λοιπόν ότι, και στις 3 διαφορετικές περιπτώσεις, στο υποηχητικό εύρος η απόκριση απόσβεσης είναι σχεδόν μηδενική, ενώ η 'πραγματική' απόσβεση αρχίζει μετά τα 30 Hz. Συνεπώς, τα συνήθη ακοοπροστατευτικά μέσα δεν προσφέρουν ιδιαίτερη προστασία, ενώ υπάρχει και η περίπτωση ακόμη και να ενισχύσουν τον ήχο σε κάποιες συχνότητες. Επομένως, ο πιο αποτελεσματικός τρόπος θα ήταν η μείωση της εκπομπής κάποιας ανεπιθύμητης συχνότητας από την πηγή.

Όσον αφορά τις μηχανές, η συνηθέστερη λύση είναι η αλλαγή της συχνότητας λειτουργίας τους (οι οποίες είναι συνήθως οι μη επιθυμητές συχνότητες) ή η προσπάθεια μείωσης της στάθμης εκπομπής της. Όμως, οι συχνотικές αλλαγές οι οποίες μπορούν να είναι εφικτές μέσω μετατροπών συχνότητας [frequency converters] ώστε να μην επηρεαστεί η λειτουργικότητα της μηχανής, είναι της τάξεως του 10%, όπου στην πραγματικότητα ανεπαρκείς για την αντιμετώπιση της διάδοσης των υποηχητικών κυμάτων, άρα αυτή η μέθοδος δεν γίνεται πάντα εφαρμόσιμη.

Άλλη μέθοδος είναι και η εφαρμογή του 'αντηχείου Helmholtz', που χρησιμοποιείται ευρέως σε αίθουσες συναυλιών για την απορρόφηση της ηχούς. Παρόλο που προτείνεται για συχνότητες κάτω των 100 Hz, απεδείχθη ότι στις συχνότητες των 16.6 Hz και 12.5 Hz, δεν είχε τα επιθυμητά αποτελέσματα. Ένεκα και του υψηλού κόστους που έχει, δεν προτείνεται ως βασική μέθοδος αντιμετώπισης.

Σύμφωνα και πάλι με την τελευταία μελέτη του Dr-Ing. Hani Mahmoud- *Infrasound under control* , καταλληλότερη ως λύση κρίθηκε η χρήση ενός 'υποηχητικού θαλάμου'. Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε χυτήριο μετάλλου, όπου υπήρχε μία μονάδα (πηγή) αποτελούμενη από μία δονούμενη μεμβράνη διαμέτρου 2m και μήκους 10m, δίνοντας έτσι μία 'περιοχή δονήσεων' όγκου 20 m² και έναν υπόηχο 17 Hz στα 130 db. Η ιδέα λοιπόν, ήταν να χτιστεί ένας θάλαμος από άκαμπτα τοιχώματα, με ενισχυμένο τσιμέντο, σε γωνία μεταξύ τους 15°. Με αυτόν τον τρόπο, η ανάκλαση των υποηχητικών κυμάτων γίνονταν σε τυχαίες κατευθύνσεις. Για την εξασφάλιση της ακαμψίας των τοιχωμάτων, κάθε τμήμα ένωσης ('άρθρωση'), δεν θα έπρεπε να ξεπερνά σε μήκος, το 1,8 m και σε πάχος τα 14 cm.

Τα αποτελέσματα του πειράματος με τη χρήση αυτού του θαλάμου ήταν τα εξής:

- 128 έως 132 db στάθμη εκπομπής, μέσα στον υποηχητικό θάλαμο
- 110 έως 115 db στάθμη εκπομπής, σε απόσταση 1 m έξω από τον υποηχητικό θάλαμο
- 105 έως 107 db στάθμη εκπομπής, σε απόσταση 5 m έξω από τον υποηχητικό θάλαμο

αποτελέσματα που καλύπτουν τα προτεινόμενα επιτρεπόμενα όρια έκθεσης, όπου έχουν ως μέγιστο τα 125 db με ασφαλέστερα τα 95 db και κάτω και ένα 'πέναλτυ' ίσως της τάξεως των 3db, για εργαζόμενα άτομα. Έτσι, το περιβάλλον μέσα στο χυτήριο ήταν κατάλληλο πλέον για 8ωρη καθημερινή εργασία. Για την ακρίβεια, για κάποιον που εισέρχονταν στο χώρο, δεν ήταν αντιληπτό το πότε λειτουργούσε η μηχανή και πότε όχι. Και το πιο σημαντικό ήταν ότι οι μετρήσεις που έγιναν στη γειτονιά κατόπιν της χρήσης αυτού του θαλάμου, έδειξαν ότι τα όρια εκπομπής υποήχων, δεν υπερέβαιναν τα προτεινόμενα επιτρεπόμενα όρια ενόχλησης.

5.5. Επιπλέον έρευνες και πειράματα

Το *National Institute of Environmental Health Sciences(NIEHS)*, σε συνεργασία με το *National Toxicology Program(NTP)*, έκαναν κάποιες έρευνες όσον αφορά την εκπομπή υποήχων, τα όρια ανοχής του ανθρώπινου οργανισμού σε επίπεδο στάθμης έντασης και οι ενοχλήσεις που παρουσιάζονται στον ανθρώπινο οργανισμό από την - εκτός ορίων ηχητικής στάθμης - έκθεση σε υπόηχους. Στην έρευνα που δημοσιεύθηκε το Νοέμβριο του 2001, με τίτλο «*Infrasound - Brief Review of Toxicological Literature*», αναφέρονται όλα τα πειράματα και τα αντίστοιχα συμπεράσματα, βάσει όλης της δημοσιευμένης και μεταφρασμένης στην Αγγλική γλώσσα βιβλιογραφίας, αφού δεν υπάρχει ακόμη επίσημη Νομοθεσία στην Ευρωπαϊκή Ένωση ή άλλων κρατών που να αφορά συγκεκριμένα στην έκθεση σε Υπόηχους.

- Όλες οι έρευνες που έχουν γίνει, σε ανθρώπους και ζώα, αφορούν σε έκθεση σε ηχητική στάθμη άνω των 90db και για χρονικά διαστήματα από μερικά λεπτά έως και μήνες. Τα αποτελέσματα όσον αφορά τις επιπτώσεις στον οργανισμό, που παρουσιάσθηκαν ήταν ψυχολογικές και σωματικές διαταραχές, διαφορά πίεσης αίματος, ζαλάδες, πόννοι κ διαταραχές σε διάφορα όργανα του σώματος, αλλά όχι σημαντικές βλάβες σε λειτουργίες του οργανισμού όπως π.χ καρκινογενέσεις.

- Οι συνθηθέστερες επιπτώσεις ήταν αύξηση της αρτηριακής πίεσης, έλλειψη συγκέντρωσης και ισορροπίας, μετά από έκθεση σε επίπεδα έντασης άνω των 110db. Η έκθεση σε επίπεδα έντασης κάτω των 110db, ακόμη και για 24 ώρες θεωρείται ασφαλής.

- Επίσης, βλάβες στο αυτί ή/και απώλεια ακοής παρατηρήθηκε σε ζώα, που εκτέθηκαν σε στάθμη έντασης άνω των 140db.

Σε γενικές γραμμές, η έκθεση στάθμης έντασης:

- +10db από το 'όριο ενόχλησης'⁵¹ σε υπόηχους συχνότητας 6-16Hz, προκαλεί υπνηλία και αίσθημα κόπωσης

- από 115-135db, σε υπόηχους 5-10Hz, για 15 λεπτά και άνω, προκαλεί όλα τα παραπάνω συν έλλειψη συγκέντρωσης, αστάθεια και διαταραχές σε διάφορα όργανα του σώματος, καθώς και διαταραχές στο κεντρικό και καρδιαγγειακό σύστημα

- από 127-133db, προκαλεί αίσθηση πίεσης και πόνου στα αυτιά

Ωστόσο, οι διαφορές στις μεθόδους μέτρησης, το χώρο αλλά και τις διαφορετικότητας στις παραμέτρους, που εξετάστηκαν και τις συνθήκες διαξαγωγής κάθε πειράματος, δίνουν μία δυσκολία στην ταυτοποίηση των τιμών των αποτελεσμάτων. Γι αυτό το λόγο, παρακάτω αναφέρονται ξεχωριστά, οι έρευνες που διεξήχθησαν σε ανθρώπινα δείγματα και τα αποτελέσματά τους.

Πειράματα

1. *Andresen, J., and H. Moller. 1984. Equal annoyance contours for infrasonic frequencies. Journal of Low Frequency Noise and Vibrations 3(3):1-9. EMBASE record 85169104.*

Σε αυτό το πείραμα εκτέθηκαν 18 άτομα, ηλικίας 18-25 ετών, σε 4 υπόηχους με διάφορες στάθμες έντασης. Βάσει των αποτελεσμάτων, σημαντική ενόχληση παρατηρείται σε υψηλά επίπεδα στάθμης έντασης, ενώ ελάχιστες αλλαγές στην ένταση (της τάξεως του 1-2 db), προκαλεί σημαντικές αλλαγές στο ποσοστό ενόχλησης και το είδος ενόχλησης. Επίσης, ως επιτρεπόμενο όριο έντασης για τους υπόηχους, θεωρήθηκαν τα 95 db.

2. *Borredon, P., and J. Nathi. 1973. Physiological reactions of human subjects exposed to infrasounds. Rev. Med. Aeronaut. Spat. 12(46):276-279. (French) EMBASE record 74130187.*

⁵¹ Βάσει του 'ορίου ακουστότητας', όπως αναφέρεται σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, το 'όριο ενόχλησης' είναι ίσο με 115 db.

42 άνδρες, ηλικίας 19-23 ετών, εκτέθηκαν σε υπόηχο 7,5 Hz σε στάθμη έντασης 130 db, για χρονικό διάστημα 50 λεπτών. Παρατηρήθηκε μικρή αύξηση στην πίεση του αίματος.

3. *Danielsson, A., and U. Landstrom. 1985. Blood pressure changes in man during infrasonic exposure. An experimental study. Acta Med. Scand. 217(5):531-535.*

20 άνδρες, ηλικίας 20-30 ετών, εκτέθηκαν σε

- υπόηχους συχνότητας 6Hz, 12Hz και 16Hz, σε 3 διαφορετικές στάθμες έντασης: 95db, 110db και 125db, για χρονικό διάστημα 20 λεπτών.
- σε υπόηχο συχνότητας 16Hz/125db και χαμηλής συχνότητας θόρυβο 50hz/50db, εναλλάξ.

Τα συμπεράσματα ήταν ότι σε όλες τις υποηχητικές συχνότητες, παρουσιάστηκε αύξηση της πίεσης του αίματος και μείωση της μικρής (συστολικής) πίεσης του αίματος, καθώς και των παλμών της καρδιάς. Σε συμπληρωματική μέτρηση, παρατηρήθηκε ότι μετά τα 30 λεπτά έκθεσης, η πίεση του αίματος έφτασε τα 8mm Hg.

4. Σε αυτό το πείραμα, εθελοντές εκτέθηκαν σε:

- για 15 λεπτά σε:

- α) 65 dB περιβαλλοντικό θόρυβο,
- β) σε χαμηλής συχνότητας θόρυβο στα 110 dB,
- και
- γ) σε υπόηχο 7Hz στα 125 dB σε συνδυασμό με τον περιβαλλοντικό θόρυβο,
- δ) έναν τόνο στα 125-dB σε συνδυασμό με χαμηλής συχνότητας θόρυβο των 110 db.

- για 30 λεπτά υπό τις ίδιες συνθήκες (α, β, γ, δ)

- για 15 λεπτά σε χαμηλής συχνότητας θόρυβο σε συνδυασμό με έναν υπόηχο 7 Hz, σε:

- α) 125 db
- β) 132 db
- γ) 142 db

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι δεν εμφανίστηκε ζάλη ή αποπροσανατολισμός, which led the authors to conclude that "adverse effects of infrasound have been exaggerated

5. *Johnson, D.L. 1982. Hearing hazards associated with infrasound. In: Hamernik, R.P., D.Henderson, and R. Salvi, Eds. New Perspectives on Noise-Induced Hearing Loss. Raven Press, New York, NY, pp. 407-421.*

Τα συμπεράσματα αυτής της έρευνας είναι τα παρακάτω:

- η συνεχής έκθεση σε υπόηχους, με στάθμη έντασης κάτω των 140db, για χρονικό διάστημα λιγότερο από 30 λεπτά, δεν προκαλεί temporary threshold shift (TTS) of

auditory

- η έκθεση σε υψηλότερα επίπεδα στάθμης έντασης και για πολύ μικρό χρονικό διάστημα, της τάξεως των 5 λεπτών ή λιγότερο, δεν προκαλεί TTS

- η έκθεση σε συχνότητες άνω των 1000 Hz, προκαλεί TTS

Ωστόσο, τελικά η συνεχόμενη έκθεση σε υπόηχους με στάθμες έντασης κάτω των 140 db και για πολύ μικρά χρονικά διαστήματα, είναι σχετικά 'ασφαλής', ενώ για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα-από 24 ώρες και άνω, η έκθεση θεωρείται 'ασφαλής' εάν τα επίπεδα στάθμης έντασης δεν ξεπερνούν τα 118 db.

6. *Karpova, N.I., S.V. Alekseev, V.N. Erokhin, E.N. Kadyskina, and O.V. Reutov. 1970. Early response of the organism to low-frequency acoustic oscillations. Noise Vib. Bull. 11(65):100-103.*

Σε αυτήν την έρευνα έγινε ένα πείραμα, όπου υγιείς άνδρες εκτέθησαν σε προσομοιωμένο βιομηχανικών ήχων συχνότητας 5-10Hz, με στάθμη έντασης από 100-135 db, για 15 λεπτά. Τα αποτελέσματα έδειξαν συμπτώματα όπως κόπωση, υπνηλία, πίεση στα αυτιά, καταθλιπτικές τάσεις, αισθήματα απάθειας, έλλειψη προσανατολισμού και διαταραχές σε διάφορα όργανα του σώματος. Επίσης, εμφανίστηκε άυξηση των παλμών της καρδιά και μείωση των αντανακλαστικών αλλά και του ρυθμού της αναπνοής.

7. *Landstrom, U., and M. Bystrom. 1984. Infrasonic threshold levels of physiological effects. J.Low Freq. Noise Vib. 3(4):167-173.*

Η έκθεση σε υπόηχους 6-16Hz, σε στάθμη έντασης 10 db πάνω από το hearing threshold, έδειξε ότι εμφανίζονται συμπτώματα υπνηλίας και μείωση των αντανακλαστικών.

8. *Lidstrom, I.M. et al. 1978. The effects of ultrasound on humans. Invest. Rep. (Umea University, Sweden) 33:1-42.*

Το πείραμα σε 40 ενεργούς Ελβετούς πιλότους, όπου είχαν μακρας διάρκειας έκθεση σε υπόηχους 14-16 Hz, στα 125db, λόγω της φύσεως της εργασίας τους παρουσιάζουν σωματικές και ψυχολογικές διαταραχές όπως blood pressure was decreased causing deterioration of blood suffusion of vital organs; heart rate and blood pressure were increased during psychological tests; alertness was decreased; the electrical resistance of the skin was decreased more quickly versus unexposed individuals; and hearing threshold and time perception were altered.

8. *Mohr, G.C., J.N. Cole, E. Guild, and H.E. Gierke. 1965. Effects of low frequency and infrasonic noise on man. Aerosp. Med. 36(9):817-824.*

Η πειραματική έκθεση σε εργαζόμενους μέσα στο αεροδρόμιο (4 άνδρες κ 1 γυναίκα ηλικίας 24-46 ετών), έδειξε ότι η έκθεση σε χαμηλής συχνότητας θόρυβο και υπόηχους, σε στάθμη έντασης πάνω από 150 db, ξεπερνά τα όρια ανοχής του ανθρώπινου οργανισμού. ΣΕ γενικές γραμμές τα συμπτώματα που παρουσιάζονται είναι βάρος στο στήθος, κόπωση, δυσκολία στην αναπνοή, πονοκέφαλοι, ζαλάδες κτλ.

9. Moller, H. 1984. *Physiological and psychological effects of infrasound on humans. J. Low Freq. Noise Vib. 3(1):1-16.*

- 16 άτομα που εκτέθησαν για 3 ώρες σε υπόηχους, με στάθμη ένταση έως 20 db παραπάνω από το hearing threshold, παρουσίασαν μια γενική ενόχληση και αίσθηση πίεσης στα αυτιά, αλλά κανένα σημαντικό ερέθισμα στο καρδιαγγειακό σύστημα, ή κάποια ισχυρή ζαλάδα.

10. Okada, S. 1990. *Study on the measurement of infrasound and perceptible response to infrasound in life environment. Jpn. J. Health Hum. Ecol. 56(5):236-250.*

Σύμφωνα με τα πειράματα που διεξήχθησαν σε διάφορα μέρη, όπως κάτω από μια γέφυρα, μέσα σε αυτοκίνητο και δίπλα σε κλιματιστικό, τα όρια ανοχής σε γενικές γραμμές του ανθρώπινου οργανισμού είναι: 102db – 6 Hz, 93 db – 10 Hz, 92 db – 13 Hz, 85db – 20 Hz. Είναι φανερό στα αποτελέσματα αυτής της έρευνας ότι ακόμη και το 1 db στάθμης έντασης είναι σημαντικό για κάποιες συχνότητες.

11. Okada, A., and R. Inaba. 1990. *Comparative study of the effects of infrasound and lowfrequency sound with those of audible sound on sleep. Environ. Int. 16(4-6):483-490.*

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε σε 18 φοιτητές άνδρες, ηλικίας 20-25 ετών, οι οποίοι κατά τη διάρκεια του ύπνου, εκτέθησαν σε:

- υπόηχους 10 και 20 Hz

και

- σε θόρυβο οδικής κυκλοφορίας (περιπού 25- 1600Hz και στάθμη έντασης 40-60 db)

Παρατηρήθηκε μικρότερη ενόχληση με την έκθεση σε υπόηχους σε σχέση με την έκθεση στον κυκλοφοριακό θόρυβο.

12. Slarve, R.N., and D.L. Johnson. 1975. *Human whole-body exposure to infrasound. Aviat. Space Environ. Med. 46(4):428-431.*

Το πείραμα έγινε σε 4 άνδρες ηλικίας 20-25 ετών, ' που εκτέθησαν σε υπόηχους 1-20 Hz, με στάθμη έντασης από 120-144db, για 8 λεπτά. Σημαντική είναι η παρατήρηση αλλαγής στη φωνή, εκτός από τις στομαχικές διαταραχές και την αίσθηση πόνου και πίεσης στα αυτιά.

13. *Strandberg, U.D., P. Bjerle, A. Danielsson, S. Hornqvist-Bylund, and U. Landstrom. 1986. Studies of Circulation Changes During Exposure to Infrasound. Arbetarskyddsstyrelsen, Publikationsservice, Solna, Sweden, p29*

Σε 11 υγιή άτομα που εκτέθησαν σε υπόηχο 16 Hz, στα 125db για 1 ώρα, παρουσιάσθηκε μεταβολή στην diastolic [increase] και systolic [decrease] πίεση, καθώς και αύξηση στο ρυθμό της καρδιάς.

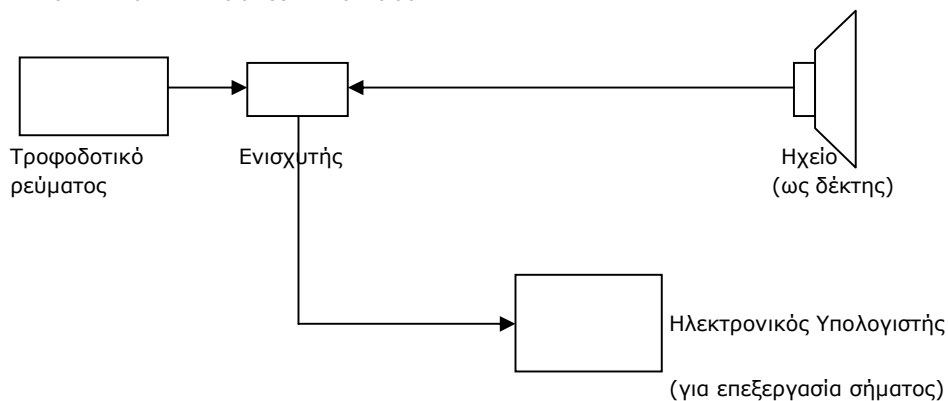
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

6.1. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΥΠΟΗΧΩΝ ΚΑΙ ΣΤΑΘΜΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ

Τα ηχώμετρα που κυκλοφορούν ευρέως στην αγορά έως σήμερα, δεν δύνανται να μετρήσουν συχνότητες που βρίσκονται κάτω από το ακουστικό εύρος, υποηχητικές δηλαδή συχνότητες. Προηγούμενη λοιπόν, έρευνα συναδέλφων του τμήματος έγινε για την κατασκευή μίας ηλεκτρονικής διάταξης που θα λαμβάνει υποηχητικές συχνότητες.

Η ηλεκτρονική διάταξη έχει ως εξής:



Στη διάταξη, λοιπόν αυτή, έχει χρησιμοποιηθεί ένα κοινό ηχείο (το οποίο έχει κατασκευασθεί για να αναπαράγει ήχο), ως δέκτης συχνοτήτων. Επομένως, η χαρακτηριστική καμπύλη απόκρισης αυτού του ηχείου από τον κατασκευαστή, έχει κατακόρυφη πτώση από τα 20 Hz και κάτω. Για να χρησιμοποιηθεί όμως ως δέκτης υποηχητικών συχνοτήτων έπρεπε να προστεθεί ένα βαθυπερατό φίλτρο, το οποίο θα επιτρέπει τη διέλευση των συχνοτήτων κάτω των 20 Hz, ενισχύοντας τις και παρουσιάζοντας μία μηδενική απόκριση στις μεγαλύτερες. Η χαρακτηριστική καμπύλη απόκρισης αυτού του φίλτρου είναι αντίστροφη επομένως, της χαρακτηριστικής του ηχείου.

Το επιθυμητό λοιπόν αποτέλεσμα ήταν μία 'ισοδύναμη' ('flat') απόκριση, για το συχνοτικό εύρος από τα 20Hz και κάτω. Όμως, λόγω του 'σφάλματος' που προκύπτει από τα εκάστοτε στοιχεία της διατάξεως, όπως και του ηλεκτρονικού υπολογιστή (κάρτα ήχου κτλ), υπήρξαν κάποιες απώλειες από την επιθυμητή απόκριση.

Για το λόγο αυτό, έπρεπε να βρεθεί μέσω μέτρησης στο εργαστήριο η απόκριση της διατάξεως στο ζητούμενο εύρος συχνοτήτων και στη συνέχεια η 'κλειστή έκφραση' που μας δίνει το σφάλμα στάθμης έντασης σε σχέση με τη συχνότητα και τη 'διόρθωση' επομένως, που χρειάζεται ώστε να έχουμε σωστές μετρήσεις από τη διάταξη.

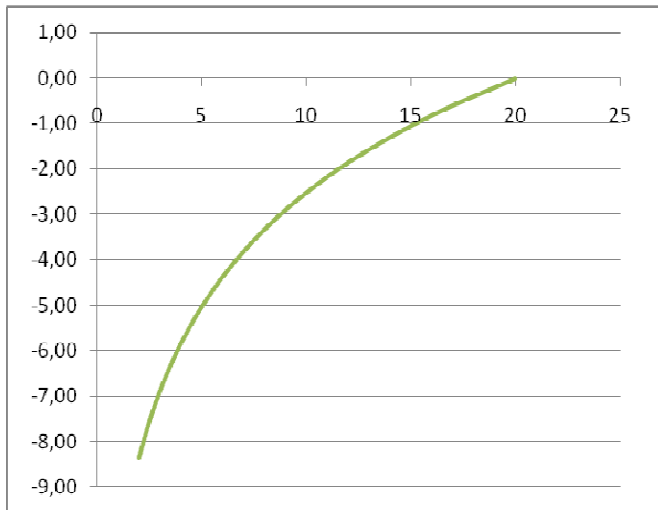
Η χαρακτηριστική καμπύλη απόκρισης αυτής της ηλεκτρονικής διάταξης, όπως μετρήθηκε πειραματικά στο εργαστήριο, παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα:

Συχνότητα, σε Hz	Σταθμη απόκρισης, σε db
2.0	-8.37
2.5	-7.56
3.15	-6.72
4.0	-5.85
5.0	-5.04
6.3	-4.20
8.0	-3.33
10.0	-2.52
12.5	-1.71
16.0	-0.81
20.0	0.0

Πίνακας 17: Χαρακτηριστική καμπύλη της προτεινόμενης ηλεκτρονικής διάταξης μέτρησης υποήχων.

Παρατηρούμε 'ισοδυναμία', δηλαδή μηδενική στάθμη ('flat' απόκριση), στα 20 Hz και μία μικρή πτώση σε σχέση με τη μείωση της συχνότητας.

Στην επόμενη σελίδα φαίνεται και σχηματικά η χαρακτηριστική της διάταξης.



Γράφημα 1 : Καμπύλη απόκρισης της διάταξης

Η μαθηματική σχέση που μας δίνει τη 'διόρθωση' σε db, της λαμβανόμενης στάθμης έντασης, είναι:

$$y = 3,6336 \ln(x) - 10,885$$

, όπου x: συχνότητα και y: στάθμη έντασης

Μέσω λοιπόν αυτής της σχέσης, βρίσκουμε το 'σφάλμα' της ηχητικής στάθμης συναρτήσει της συχνότητας, που μας δίνει η διάταξή μας εκ κατασκευής, και το οποίο το προσθέτουμε για να διορθώσουμε τη μετρούμενη στάθμη έντασης (μέτρηση που λαμβάνεται από τη διάταξη).

Για παράδειγμα, αν η στάθμη έντασης που μετράμε με τη διάταξη μας για τη συχνότητα 12Hz, φαίνεται 20 db, τότε η πραγματική στάθμη έντασης, όπως προκύπτει από τη σχέση διόρθωσης, θα είναι: 21,86 db

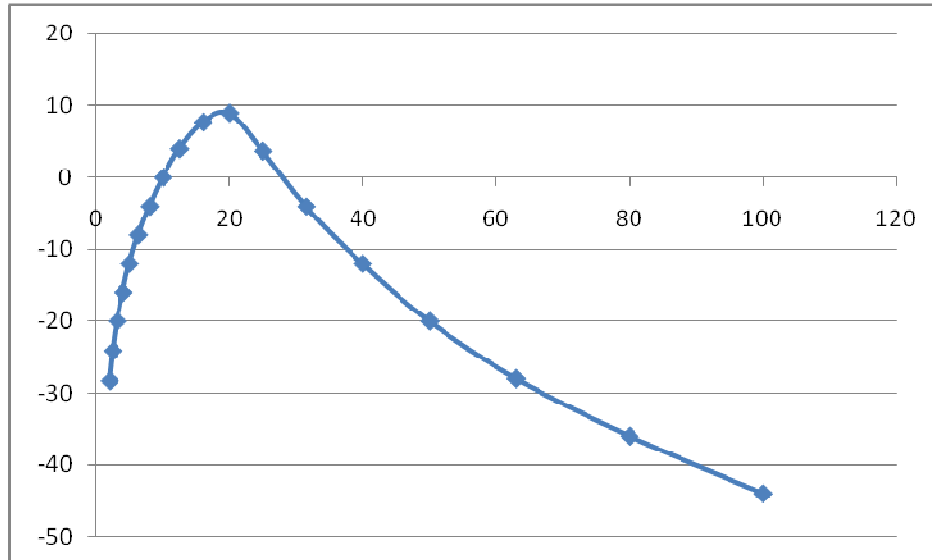
$$, \text{ αφού } y = 3,6336 \ln(12) - 10,885 = -1,86$$

Επομένως, η σωστή στάθμη έντασης για αυτήν την συχνότητα είναι:

$$y_1 = 20\text{db} + 1,86 = \mathbf{21,86 \text{ db}}$$

Όπως αναφέρθηκε όμως στο προηγούμενο κεφάλαιο, η πιο αντικειμενική στάθμιση που χρησιμοποιείται για συχνότητες κάτω του ακουστικού φάσματος (συχνότητες δηλαδή που λαμβάνει η διάταξη μας), είναι η G-στάθμιση. Επομένως, στη μετρούμενη στάθμη έντασης από τη διάταξη, θα πρέπει εκτός της προσθήκη του σφάλματος της διάταξης, να την ανάγουμε σε G-στάθμιση. Για το λόγο αυτόν έπρεπε μέσω της χαρακτηριστικής καμπύλης που περιγράφει τη G-στάθμιση, να βρεθεί η μαθηματική σχέση στάθμης – συχνότητας, που μας δίνει την αναγωγή σε db(G).

Λαμβάνοντας υπόψη την G-στάθμιση, η οποία προτείνεται για τη μέτρηση στάθμης έντασης υποήχων, πήραμε τη χαρακτηριστική της, η οποία σχηματικά έχει ως εξής:



Γράφημα 2: Χαρακτηριστική καμπύλη της G-στάθμισης

και βάσει της 'κλειστής έκφρασης' που περιγράφει τη σχέση συχνότητας με στάθμη έντασης, μπορούμε να βρούμε την αντίστοιχη διόρθωση, για τις μετρούμενες από την ηλεκτρονική διάταξη τιμές στάθμης έντασης. Έτσι, εάν x : συχνότητα και y : στάθμη έντασης, έχουμε:

- για 2Hz - 16Hz, ισχύει η σχέση $y = 17,354 \ln(x) - 40,047$
- για 16Hz - 20Hz, ισχύει η σχέση $y = 0,325x + 2,5$
- για 20Hz - 100Hz, ισχύει η σχέση $y = -33,51 \ln(x) + 110,91$

(ο διαχωρισμός σε 3 περιοχές συχνοτήτων έγινε για μεγαλύτερη ακρίβεια)

Η τελευταία σχέση δεν θα χρησιμοποιηθεί επί της παρούσης αφού η απόκριση της διάταξης που χρησιμοποιούμε είναι 'flat' σε συχνότητες μεγαλύτερες των 20 Hz.

Επιστρέφοντας στο προηγούμενο παράδειγμα έχουμε τη μετρούμενη στάθμη έντασης 20 dB για τη μετρούμενη συχνότητα 12 Hz, η οποία μετά τη 'διόρθωση του σφάλματος συσκευής' γίνεται $y_1 = 20\text{db} + 1,86 = 21,86 \text{ db}$

Εφόσον η συχνότητα που μετρήσαμε είναι μικρότερη των 16 Hz, η σχέση στάθμης - συχνότητας που χρησιμοποιείται είναι $y = 17,354 \ln(x) - 40,047$

Οπότε έχουμε:

$$y = 17,354 \ln(12) - 40,047 = + 3, 076$$

η οποία τιμή αντιστοιχί στη 'διόρθωση' για αναγωγή προς G-στάθμιση.

Έτσι η y_1 , θα γίνει:

$$y_1 = 21,86 \text{ db} + 3,076 = \mathbf{24, 93 \text{ db (G)}}$$

- Εάν τώρα η συχνότητα μας είναι 19 Hz και η μετρούμενη στάθμη 10 db, τότε:

$$y = 3,6336 \ln(19) - 10,885 = -0,19$$

,το σφάλμα της διάταξής μας.

Επομένως η πραγματική στάθμη έντασης σε db, της συχνότητας που μετρήσαμε είναι:

$$y_1 = 10 + 0,19 = \mathbf{10,19 \text{ db}}$$

Ανάγοντας αυτήν την τιμή τώρα σε G-στάθμιση, έχουμε:

$$y = 0,325x + 2,5$$

(αφού η συχνότητα είναι $16\text{Hz} < x < 20 \text{ Hz}$)

$$y = (0,325 * 19) + 2,5 = 8,675$$

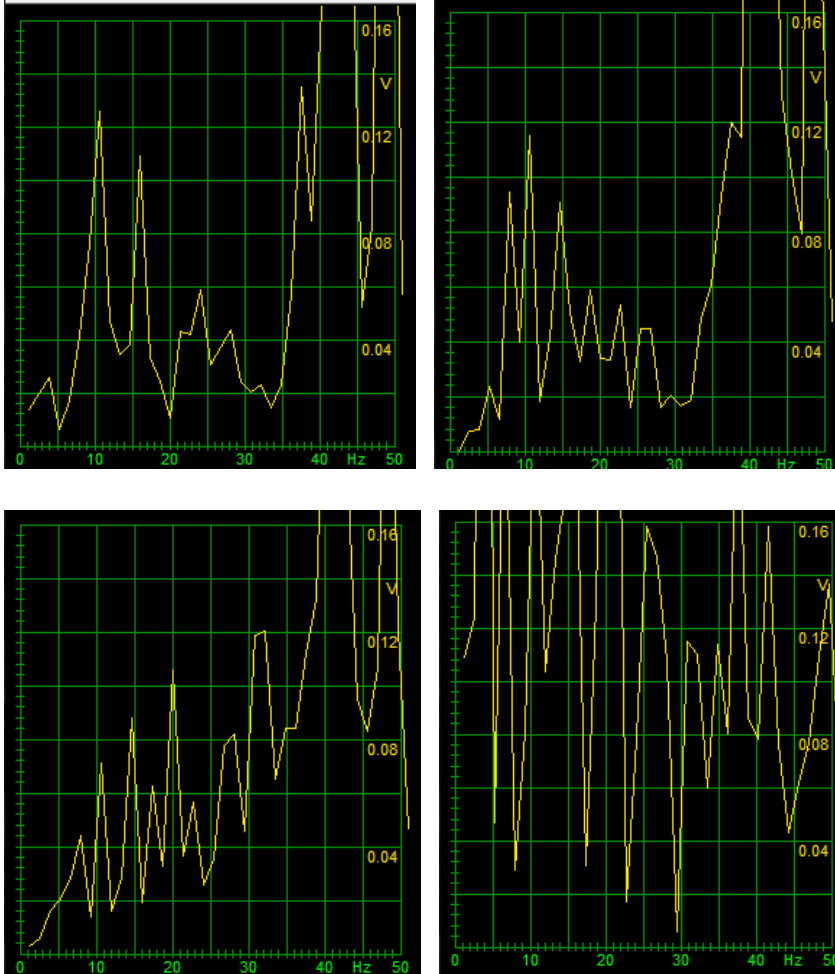
Επομένως, η στάθμη έντασης της μετρούμενης συχνότητας, σε db (G),θα είναι τελικά:

$$y_1 = 10,19 \text{ db} + 8,675 = \mathbf{18,865 \text{ db(G)}}$$

6.2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΣΕ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΚΘΕΣΗΣ

Με τη χρησιμοποίηση της παραπάνω διάταξης πραγματοποιήσαμε κάποιες μετρήσεις σε πραγματικές συνθήκες.

Β) Ραδιοφωνικός σταθμός, ώρα 17:00 μ.μ, παράθυρα κλειστά, ηχείο τοποθετημένο στη θέση του ηχολήπτη:



Σε μία ολιγόλεπτη παρακολούθηση, παρατηρήθηκε συνεχής εκπομπή υποήχων με στάθμες έντασης να κυμαίνονται από 15-30 db (G) περίπου, ενώ όπως φαίνεται στην τελευταία μέτρηση είχαμε μία στιγμιαία ισχυρότατη έκθεση, που ξεπερνά τα όρια ενόχλησης για το υποηχητικό εύρος. Ο χαμηλόσυχνος θόρυβος (>40Hz) είναι επίσης σε υψηλά επίπεδα.

Επιπλέον μετρήσεις (ραδιοφωνικός σταθμός, χώρος κατοικίας) παρατίθενται στο Παράρτημα Ι.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Βάσει εκτενούς έρευνας, όπως προαναφέρθηκε, οι Κυβερνήσεις και το δημόσιο κοινό, δεν είναι πλήρως ενημερωμένοι για την πλήρη υπόσταση του θορύβου, ενώ ακόμη μεγαλύτερη άγνοια υπάρχει περί την υπόσταση των υποήχων και τη σημαντική σχέση που μπορεί να έχουν μεταξύ τους. Ιδιαίτερη άγνοια υπάρχει στην αναγνώριση των επιπτώσεων που μπορεί να έχει στη δημόσια υγεία με κυρίαρχη την βλάβη στην ακοή, η έκθεση ατόμου σε μη επιτρεπόμενα όρια ηχητικής στάθμης έντασης των παραπάνω.

Ο θόρυβος υπάρχει σχεδόν παντού και καθημερινά στη ζωή μας, αλλά σπάνια αποτελεί ιδιαίτερης σημασίας από τον άνθρωπο και τις Κυβερνήσεις. Πόσο μάλλον οι υποήχοι, όντας μη αντιληπτοί από την ακοή μας, οι οποίοι μπορεί να πρόκαλέσουν σοβαρότερες βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό πέραν της βλάβης της ακοής.

Σημαντικός παράγοντας είναι βεβαίως η έλλειψη αντίστοιχης ανάπτυξης τεχνολογιών και επιστημονικών γνώσεων που να είναι ιδανικά να καλύψουν λεπτομερή έρευνα και πληρέστερες πειραματικές διαδικασίες, όσον αφορά το θόρυβο και τους υποήχους, τον εντοπισμό εκπομπής, την ακριβή μέτρηση ηχητικής στάθμης έκθεσης και έρευνες σε πλήρη δείγματα ατόμων και πραγματικών συνθηκών σε βραχυχρόνια και μακροχρόνιο επίπεδο, ούτως ώστε να αναπτυχθούν σωστά και πραγματικά συμπεράσματα και έτσι, να αναπτυχθεί και να θεσπιστεί επίσημη Νομοθεσία, σύμφωνα παγκοσμίως. Για όλα τα παραπάνω σαφώς, απαιτείται η συμβολή επιστημόνων, Οργανισμών, Κυβερνήσεων και κάθε σχετικού κλάδου, σε επίπεδο γνώσεων κ ενεργειών έρευνας – βελτίωσης – προστασίας, αλλά και οικονομικής ενίσχυσης, για την επίτευξη όλων των απαιτούντων ενεργειών.

Στόχος κάθε έρευνας και μέλετης που γίνεται ανά τον κόσμο, είτε από μεμονωμένους ερευνητές είτε από Οργανισμούς που ασχολούνται με τον Άνθρωπο και την Προστασία της δημόσιας υγείας και το Περιβάλλον, είναι να θεσπιστεί ένα κοινό πλαίσιο πολιτικής και νομοθεσίας, παγκοσμίως, με σκοπό τη βελτίωση της καθημερινότητας και την προστασία της δημόσιας υγείας, καθώς και την προστασία του περιβάλλοντος. Αυτή η ενιαία πολιτική και νομοθετική θέσπιση προϋποθέτει μία ομαλή συνεργασία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, των Κρατών και των Τοπικών αρχών και θα πρέπει να λαμβάνει υπόψην κάθε τεχνολογικό, κοινωνικό, οικονομικό και πολιτικό παράγοντα που διέπει κάθε ενέργεια, συμπληρωματικά με το ενιαίο σχέδιο πρόληψης και δράσης. Όπως είναι γνωστό, ο τομέας αυτός είναι ακόμη ύπο μελέτη και δεν υπάρχουν επισήμως ολοκληρωμένα αποτελέσματα, αυτό όμως δεν θα πρέπει να σταθεί εμπόδιο στην υλοποίηση ενός ενιαίου προγράμματος πρόληψης και προστασίας, με ειδική οδηγία για 'επιτρεπόμενα όρια έκθεσης' σε θόρυβο και υποήχους.

Η παρούσα έρευνα, δεν σκοπεύει στη λεπτομερή ανάλυση του εύρους των λύσεων που μπορεί να συμβάλλουν στη μείωση του θορύβου και των υποήχων, αλλά κυρίως στην ενημέρωση για το ποιοι τομείς είναι άμεσης αναγκαιότητας για μείωση εκπομπής,

ποια προβλήματα προκύπτουν από την έκθεση και ποια είναι τα μέχρι στιγμής ορισμένα επιτρεπόμενα όρια από τους Οργανισμούς που ασχολούνται ειδικά με το συγκεκριμένο πρόβλημα, καθώς και την προτροπή όσων μπορούν να λάβουν μέρος σε μία προσπάθεια για τη ανάπτυξη όλων των παραπάνω και την προώθηση και πρόοδο της έρευνας.

Πρέπει να επισημανθεί η σημαντικότητα των επιπτώσεων στην υγεία ατόμων που εκτίθενται σε θόρυβο και υποηχητικά κύματα, καθώς και η αναγκαιότητα εύρεσης τρόπων επίλυσης και μείωσης του προβλήματος καθώς και πρόληψη αυτού. Κάθε κατοικήσιμη περιοχή της σύγχρονης κοινωνίας, αποτελεί πηγή πολλών πηγών θορύβου και υποήχων. Βιομηχανικές περιοχές, αεροδρόμια, σιδηροδρομικοί σταθμοί, αιολικά πάρκα, χώροι αναψυχής, λεωφόροι, επαγγελματικοί χώροι κτλ όλα πλέον αποτελούν πηγές ρύπου. Ο κόσμος πρέπει να ενημερωθεί για τη φύση των πηγών αυτών και τις επιπτώσεις που μπορεί να έχει η καθημερινή, ολιγόωρη ή μακροχρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα στάθμης έντασης. Επίσης, πρέπει να ενημερωθεί για τις έρευνες που αφορούν στην πρόληψη και βελτίωση του προβλήματος, στην αντιμετώπιση των βλαβών και ασθενειών του ανθρώπινου οργανισμού ένεκα της έκθεσης αυτής και σαφώς, στα 'επιτρεπόμενα όρια ενόχλησης' που προτείνονται έως τώρα. Εργαζόμενοι και εργοδότες, παιδιά και ηλικιωμένοι, κάθε κάτοικος και πολίτης σε κάθε χώρα πρέπει να είναι ενημερωμένος και να αναλαμβάνει τις ευθύνες που του αναλογούν για μία ολοκληρωμένη και συνενωτική δράση ενάντια του προβλήματος.

Πρωταρχικό στοιχείο αποτελεί ο εντοπισμός της πηγής (ή των πηγών), που προκαλούν θόρυβο και υποήχους, και η προσπάθεια μείωσης των επιπέδων εκπομπής από την πηγή. Στη συνέχεια, πρέπει να γίνονται προσπάθειες μόνωσης των εργασιακών και κατοικημένων χώρων, για τη μείωση του εισερχόμενου και εξερχόμενου θορύβου και υποήχων, αλλά και να λαμβάνονται κατάλληλα ακοοπροστατευτικά μέσα για κάθε εκτεθειμένο άτομο, όσο το επιτρέπουν οι τεχνολογικές γνώσεις της εποχής.

Υλοποίηση προγράμματος δράσης

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, την Πράσινη Βίβλο της Επιτροπής Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, αλλά και εκτενούς έρευνας, κάθε Κυβέρνηση, για την υλοποίηση αυτού του στόχου, προτείνεται να:

- έχει ως βασικό στόχο την προστασία της υγείας του κοινού και να εντάξει στην επίσημη Νομοθεσία της ένα κατάλληλο νομοσχέδιο περί έκθεσης σε θόρυβο και υποήχους και επιτρεπόμενα για τον οργανισμό όρια στάθμης έντασης, που αφορούν στην ενόχληση
- να θεσπίζουν υλοποιημένα σχέδια δράσης βραχυπρόθεσμων, μεσοπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων αποτελεσμάτων για τη μείωση του θορύβου και των υποήχων
- να υιοθετήσουν ως βασικό στόχο, τις οριακές τιμές που ορίζει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

- να ενσωματώσουν το πρόβλημα αυτό στα πλέον σημαντικά προβλήματα περί δημόσιας υγείας και στα αντίστοιχα προγράμματα δράσης
- να θεσπίσουν νομοθεσία περί της μείωσης των επιπέδων εκπομπής
- να επανεξετάζουν και να εμπλουτίζουν τις ήδη υπάρχουσες σχετικές Οδηγίες
- να συντονίσουν κάθε Δήμο και Κοινότητα να εντάσσει στην πολιτική του πλαίσια μείωσης και αντιμετώπισης του προβλήματος
- να μελετούν και να αναλύουν συστηματικά τα οικονομικά κόστη για κάθε ενέργεια περί του θέματος
- να υποστηρίζουν κάθε σχετική μελέτη και έρευνα που υλοποιείται από Οργανισμούς, Επιστήμονες, σπουδαστές κτλ

Επίσης,

- κάθε κράτος, θα πρέπει να χρησιμοποιεί μία κοινές μονάδες μέτρησης και σήμανσης
- όλα τα κράτη να έχουν κοινές μεθόδους πρόβλεψης και μέτρησης, ώστε να υπάρχει σωστός συντονισμός για ενιαία παρατήρηση και βελτιώσεις
- παροχή ισοδύναμης ανταλλαγής πληροφοριών από κάθε κράτος (χωρίς απόκρυψη στοιχείων κτλ), ώστε να να είναι δυνατή η πρόσβαση σε αυτές, από όποιον ενδιαφερόμενο και να υπάρχουν ενιαία και όσο το δυνατόν αντικειμενικά αποτελέσματα
- αποτίμηση των πληροφοριών από τις αρμόδιες αρχές και παροχή αυτών στο κοινό
- χαρτογράφηση του θορύβου, όπου συνήθως γίνεται με βήματα 5 db(A) και αντιστοίχισής τους με διαφορετικά χρώματα, ούτως ώστε να είναι άμεση και εύκολη η παρατήρηση για το ποιες περιοχές χρήζουν άμεσης προστασίας, ποιες περιοχές είναι ιδανικά 'ήσυχες' και πρέπει να διατηρηθούν κτλ
- ως τελικό στάδιο της πρώτης φάσης, είναι η αναφορά των εναρμονισμένων δράσεων που ελήφθησαν από κάθε κράτος και τοπική αρχή για την επίτευξη των στόχων, βελτίωση αυτών κτλ
- ως δεύτερη φάση, θα πρέπει να υπάρχει ενημέρωση του κοινού για τα αποτελέσματα της πρώτης φάσης καθώς και αναγνώριση του ποσοστού των στόχων που επιτεύχθηκαν και επισήμανση του καθήκοντος κάθε πολίτη και κράτους στο να συμβάλει στην επίτευξη όλων των στόχων

Έρευνα και ανάπτυξη

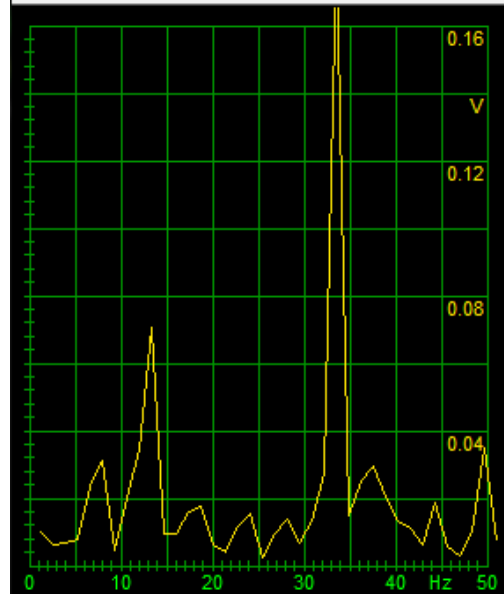
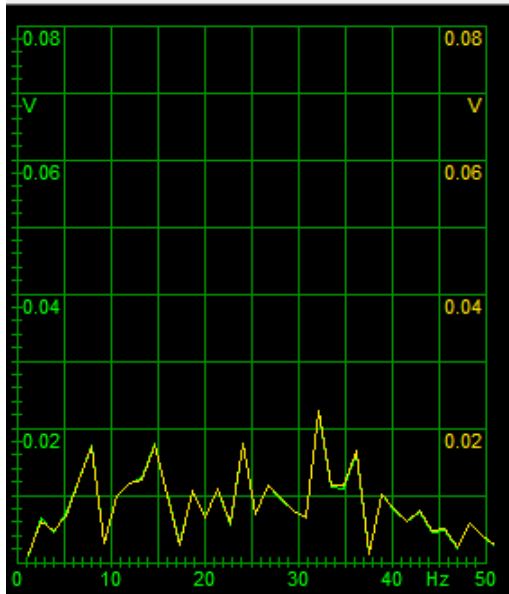
Θα πρέπει να γίνουν σημαντικά βήματα ανάπτυξης στον τομέα που αφορά στην έρευνα και την ενημέρωση του κοινού, αλλά και των αρμόδιων προσώπων και οργανισμών, δίνοντας βάση και σε τεχνολογικούς, κοινωνικοοικονομικούς και πολιτικούς παράγοντες και να υπάρξει μία ενιαία επιμέρους και εθνική συνεργασία.

Όσον αφορά στην ενημέρωση, θα πρέπει να επισημανθούν και τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα της έκθεσης, που αφορούν σε θέματα κοινωνικότητας, επικοινωνίας, εγκληματικότητας, άνοιας, αμάθειας, ατυχημάτων, μειωμένης νοητικής επίδοσης και γενικά προβληματικής ή και φθίνουσας ανάπτυξης πολιτισμού, όπως και ενδεχόμενη μείωση του πλυθυσμού, αποτελέσματα που προκύπτουν τελικώς, συναρτήσει όλων των αρνητικών επιπτώσεων που αναφέρθηκαν στην παρούσα έρευνα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

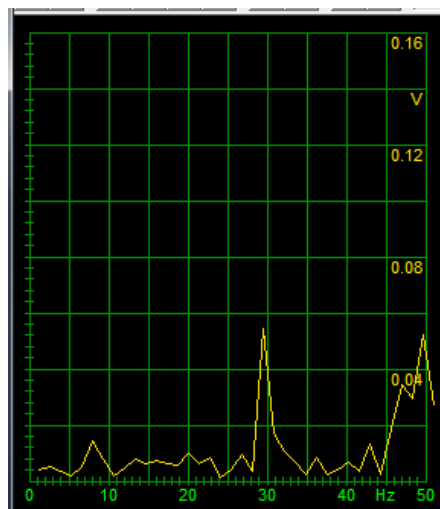
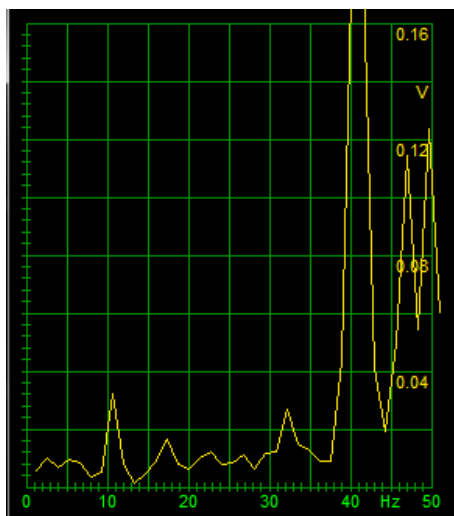
Πειραματικές μετρήσεις

A) Τεχνικό γραφείο σε κεντρικό δρόμο, ώρα 13:30 μ.μ, παράθυρα κλειστά, ηχείο τοποθετημένο στο πάτωμα:



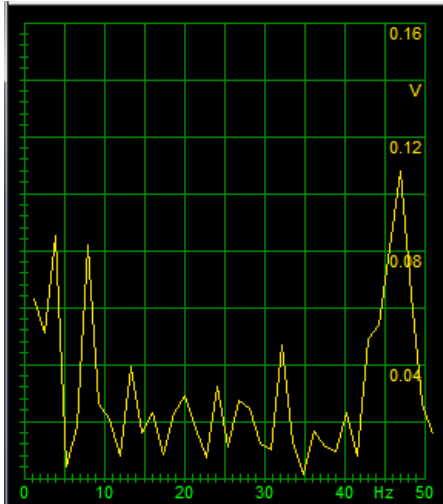
Στη δεύτερη μέτρηση παρατηρούμε μια 'κορυφή' στάθμης στα 13 Hz, όπου με την αναγωγή σε Db(G), μας δίνει 24, 03 db(G), άρα εντός των επιτρεπόμενων ορίων. Ενώ η 'κορυφή' στάθμης που παρατηρείται στα 34 Hz, προκλήθηκε από τη διέλευση φορτηγού και δεν φαίνεται να ξεπερνάει τα 46 db(G), τιμή που και πάλι είναι εντός των επιτρεπόμενων ορίων (βλ. παρ. 5.3, σελ. 90).

B) Υπνοδωμάτιο κατοικίας σε κεντρικό δρόμο, ώρα 22:00 μ.μ



Στην πρώτη μέτρηση τα παράθυρα ήταν ανοικτά, και η 'κορυφή' στάθμης που παρατηρείται στα 42Hz, προκλήθηκε από διέλευση μηχανής, ενώ φαίνεται να φτάνει τα 45 db (G), όπου για στιγμιαία έκθεση δεν αποτελεί ενόχληση. Ο υπόηχος που παρατηρείται στα 11 Hz, με αναγωγή είναι στα 12 db(G), όπου σαφώς δεν αποτελεί ενόχληση.

Στη δεύτερη μέτρηση τα παράθυρα ήταν κλειστά και η 'κορυφή' στάθμης που παρατηρήθηκε ήταν με αναγωγή 11,7 db(G), στα 29 Hz.



Σε αυτήν τη μέτρηση, με τα παράθυρα κλειστά, ήταν ανοικτό το κλιματιστικό. Παρατηρούμε 'κορυφές' στάθμης σε υπόηχους 4Hz και 8 Hz, στα 11,35 db(G) και 20,3 db(G) αντίστοιχα.

Οι τιμές που προέκυψαν από τις πειραματικές αυτές μετρήσεις (και αφορούν σε στιγμιαία έκθεση), μπορούν να συγκριθούν με τις προτεινόμενες οριακές τιμές ενόχλησης της Παραγράφου 5.3, στη σελίδα 90.

Μετρήσεις από άλλες έρευνες

Στην έρευνα του Dr- Ing. Hani Mahmoud El Nokrashy, Nokrashy Engineering, με τίτλο *Infrasound Under Control* (βλ. αναφορές), υπάρχουν κάποια παραδείγματα μετρήσεων σε πραγματικές συνθήκες:

Παράδειγμα 1: Σαλόνι οικίας σε γειτονιά πλησίον λατομείου

- 49.0 Hz με στάθμη ηχητικής έντασης 80 db

Παράδειγμα 2: Μονάδα κλιματισμού σε κτίριο επαγγελματικών γραφείων

- 19.0 Hz με στάθμη ηχητικής έντασης 77 db

Παράδειγμα 2: 'Καμπίνα' παραγωγής, εργοστασίου ζωοτροφών

- 12.5 Hz με στάθμη ηχητικής έντασης 68 db
- 16.6 Hz με στάθμη ηχητικής έντασης 72 db

Οι κορυφές (peaks) στάθμης που παρατηρήθηκαν ανήκουν κυρίως στο υποηχητικό εύρος, ενώ ξεπερνούν τα προτεινόμενα επιτρεπόμενα όρια ενόχλησης για συνεχή έκθεση.

Βιβλιογραφία - Αναφορές

"The Master-Handbook of Acoustics (Εγχειρίδιο Ακουστικής)", F.Alton Everest. 3^η έκδοση. 1998. ISBN 960-7219-67-8

"Engineering Noise Control-Theory and Practice". David A.Bies and Colin H.Hansen. 3^η έκδοση. ISBN 0-415-26714-5

"Πρακτική Ακοολογία". Παναγιώτης Χριστοδούλου. ISBN: 960-91374-0-7.

"Νομοθεσία για το Περιβάλλον". Χαρίκλεια Μιχαλοπούλου. Μάιος 2004. ISBN 960-431-918-3

"Insect sounds and Communication- Physiology, Behaviour, Ecology and Evolution". Sakis Drosopoulos, Michael F.Claridge. ISBN 0-8493-2060-7

"Πράσινη Βίβλος (Green Paper on Future Noise Policy)". Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων. Βρυξέλλες. Νοέμβριος 1996. COM(96) 540 τελικό. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://ec.europa.eu/environment/noise/greenpap.htm#situ>

"Guidelines for Community Noise". B.Berglund, Th.Lindvall, D.H.Schwela. Λονδίνο.Απρίλιος 1999. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-1.pdf>

"Community Noise". Stockholm University, Karolinska Institute για τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (ΠΟΥ/WHO-World Health Organisation). 1995. www.who.int

"*Make some Noise-Shadow report of the environmental Noise Directive*". European Network of Environmental Law Organizations - Justice and Environment. The report was funded by the European Commission – LIFE programme (the Community's Financial instrument for environmental protection). Σχετικός σύνδεσμος: www.justiceandenvironment.org

"ECOACCESS GUIDELINE FOR THE ASSESSMENT OF LOW FREQUENCY NOISE". Cedric Roberts. Environmental Operations - Queensland Environmental Protection Agency. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: http://www.acoustics.asn.au/conference_proceedings/AAS2004/ACOUSTIC/PDF/AUTHOR/AC040059.PDF

"Infrasound Hazards for the Environment and the Ways of Protection",D.Guzas & R.Virsilas,Siauliai University,Lithouania. <http://www.docstoc.com/docs/40501437/Infrasound-hazards-for-the-environment-and-the-ways-of-protection>

"Tactical Infrasound". Christopher Stubbs. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.fas.org/irp/agency/dod/jason/infrasound.pdf>

"Infrasound -Brief Review of Toxicological Literature". Infrasound Toxicological Summary November 2001. Διατίθεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
http://ntp.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/Chem_Background/ExSumPdf/Infrasound.pdf

EARLOG 14- "Protection of Infrasonic and Ultrasonic Noise Exposure". 14^o in a comprehensive series of technical monographs covering topics related to hearing and hearing protection. Elliott H.Berger. 1996. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
http://www.e-a-r.com/hearingconservation/earlog_main.cfm

"Infrasound under Control" Dr-Ing. Hani Mahmoud El Nokrashy. Nokrashy Engineering. Germany. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
<http://www.nokraschy.net/Infrasound/pdf>

"Health Effects of Exposure to Ultrasound and Infrasound". Report of the independent Advisory Group on non-ionising radiation. Health Protection Agency. *Documents of the Health Protection Agency – Radiation, Chemical and Environmental Hazards*. Φεβρουάριος 2010.
http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1265028759369

"Noise and Vibrations Measurements- External noise and vibrations measurements for offshore SODAR application". F.T. Ormel, P.J. Eecen, S.A. Herman. Οκτώβριος 2003. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική σελίδα:
<http://www.ecn.nl/docs/library/report/2003/c03109.pdf>

"A Short History of Sound Weapons Pt2: Infrasound". Vladimir Gavreau. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική σελίδα: <http://crab.wordpress.com/2008/01/14/a-short-history-of-sound-weapons-pt2-infrasound/>

"Vibroacoustic disease: Biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signaling". Mariana Alves-Pereira, Nuno A.A.Castelo Branco. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*- Science Direct. Vol. 93, Απρίλιος 2007, p. 256–279. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική σελίδα:
www.sciencedirect.com

"Infrasound" .John D. Cody. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
<http://www.borderlands.com/newstuff/research/infra.htm>

"Effect of Infrasound on humans". Ining Hartmuth, Markert Baldur, Shenoda Fathy, Schwarze Christiane. 1982

"The effects of low frequency noise and Vibration on people". Colin H. Hansen. 2007.
www.multi-science.co.uk/effects_low-frequency.htm

"Night noise Guidelines for Europe". World Health Organization, 2009. ISBN 978 92 890 4173 7. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση:
<http://www.euro.who.int/Document/E92845.pdf>

"Occupational Noise Exposure". IDAHO General Safety and Health Standards. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: http://dbs.idaho.gov.safety_code/160/html

"Sick building syndrome: The acoustic environment". Burt, T. 1996. NO 10217. Indoor Air '96, Proceedings of the 7th International Conference on Indoor Air Quality and Climate held. July 1996, Nagoya, Japan. Vol. 1, pp. 1025-1030. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://users.iafrica.com/s/sa/salbu/apollo/apollo2.html>

"*LARGIE WINDFARM-ENVIRONMENTAL STATEMENT, vol.2*", Produced by EcoGen Projects Ltd in partnership with Eurus Energy UK Ltd, has been prepared for Argyll & Bute District Council under the Town and Country Planning (Scotland) Act 1997 www.ecogen.uk.com

"INCORPORATING LOW FREQUENCY NOISE LEGISLATION FOR THE ENERGY INDUSTRY IN ALBERTA, CANADA". David C. DeGagnea and Stephanie D. Lapkab. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.windcows.com/files/low-frequency-noise-solutions-inc.pdf>. www.noisesolutions.com/uploads/images/pages/resources/pdfs/Noise%20Legislation.pdf

"Noise source identification in a 2D cavity based on inverse finite element method". Matthias Weber, Thomas Kletschkowski, Delf Sachau. *Journal of Low Frequency Noise and Vibrations and Active Control*. September 2010, Vol.29, No 3, p.147-159. www.multi-science.co.uk

"Health related and medico-biological aspects of the effects of Infrasound". Kuralesin, N.A.. *Noise and Vibration Bulletin*, 1997. No 5, p.221-226. www.multi-science.co.uk

"Equal annoyance contours for infrasonic frequencies." Andresen, J., and H. Moller. *Journal of Low Frequency Noise and Vibrations and Active Control*. 1984. No 3. www.multi-science.co.uk

"Guidelines on environmental low frequency noise, infrasound and vibration". Jacobsen, J. Danish. *Journal Low Frequency Noise, Vibration and Active Control* No 20, p 141-148, 2001. www.multi-science.co.uk

"The use of an infrasound microphone array to study wind noise spectra and correlation" Shields, F. Douglas, Talmadge, Carrick *Acoustical Society of America Journal*, Vo 113, Issue 4, pp. 2246-2246 ,2003. <http://adsabs.harvard.edu/abs/>

"Approved Code of Practice for the Management of Noise in the Workplace". 1996. NZ OSHS (New Zealand Occupational Safety & Health Service). Department of Labour, Wellington, Νέα Ζηλανδία. Διατίθεται στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://www.osh.dol.govt.nz/order/catalogue/pdf/NoizeACOP.pdf>

"Natural and induced environments". 1995. NASA (National Air and Space Administration). Κεφάλαιο 5. Διαθέσιμο στην ηλεκτρονική διεύθυνση: <http://procure.msfc.nasa.gov/jsc/documents/RFIBJ2PP1I/ssp50005rb5.pdf>

Ηλεκτρονικοί σύνδεσμοι (Links)

www.europa.eu

www.eea.europa.eu

www.who.int/en/

www.noisesolutions.com

www.multi-science.co.uk

www.wikipedia.com

www.google.com

www.iatronet.gr

www.hellenicparliament.gr

www.helina.gr

www.aeif.org

www.osha.gov

www.nasa.gov

www.acgih.org

www.gpoaccess.gov

www.elinyae.gr