

22^η Ενότητα:

Ηχορύπανση. Ταχύτητα του Ήχου. Συχνότητα του Ήχου. Ένταση του Ήχου. Η Κλίμακα Ντεσιμπέλ (dB). Ιδιαιτερότητες της Κλίμακας Ντεσιμπέλ (dB)

Εισαγωγή

Στις προηγούμενες 21 Ενότητες ασχοληθήκαμε διεξοδικά με την ρύπανση και την προστασία και των τριών μερών του φυσικού Περιβάλλοντος, δηλαδή της ατμόσφαιρας (δηλαδή του αέρα), του νερού και το εδάφους. Βέβαια σαν ρύπανση του φυσικού Περιβάλλοντος θεωρήσαμε την είσοδο **ουσιών** στο φυσικό Περιβάλλον. Πλην όμως, όταν δώσαμε ένα γενικό ορισμό της ρύπανσης του φυσικού Περιβάλλοντος (βλέπε 2^η Ενότητα, σελ. 18), ορίσαμε σαν ρύπανση του φυσικού Περιβάλλοντος να μεν την είσοδο ουσιών στο φυσικό Περιβάλλον, αλλά και ακτινοβολιών, θερμότητας, φωτός, ήχων, δονήσεων κ.λπ. που αλλοιώνουν τη φυσική κατάσταση του φυσικού Περιβάλλοντος και ενδέχεται να έχουν επιβλαβείς επιπτώσεις στο κλίμα της Γης, στην υγεία του ανθρώπου και στους λοιπούς «αποδέκτες».

Για την καλλίτερη κατανόηση αναφέρουμε για κάθε μία από τις ανωτέρω δυνατότητες ρύπανσης του φυσικού Περιβάλλοντος από ένα παράδειγμα: Δηλαδή ρύπανση του φυσικού Περιβάλλοντος είναι η είσοδος στο φυσικό Περιβάλλον:

1. Ουσιών π.χ. μονοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από την εξάτμιση ενός αυτοκινήτου.
2. Ακτινοβολιών, π.χ. από ένα πυρηνικό εργοστάσιο.
3. Θερμότητας στην ατμόσφαιρα, π.χ. από ένα πύργο ψύξεως ενός εργοστασίου παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.
4. Φωτός, π.χ. από τους προβολείς ενός γηπέδου ποδοσφαίρου, που ενοχλούν τους περιοίκους.
5. Ήχων π.χ. από ένα μηχάνημα με το οποίο κόβουμε το γρασίδι του κήπου μας και με τους οποίους ήχους θα ασχοληθούμε σήμερα.
6. Δονήσεων, που δημιουργεί π.χ. η διέλευση ενός τραμ,

Σήμερα λοιπόν θα ξεκινήσουμε με την Ηχορύπανση. Η Ηχορρύπανση έχει ιδιαίτερη σημασία για την Πατρίδα μας, δεδομένου, ότι συνδυάζει δύο ακραίες ιδιότητες. Δηλαδή η επιβάρυνση του ανθρώπου από τους θορύβους είναι συγκριτικά με άλλες χώρες μάλλον μεγίστη, ενώ η προστασία των ανθρώπων από την Ηχορρύπανση είναι, παρά την ύπαρξη νομοθεσιών, μάλλον ελαχίστη.

Είσοδος Ήχων στο Φυσικό Περιβάλλον

Όταν κάποιος ομιλεί, παράγει ήχο και όσοι βρίσκονται κοντά του και έχουν την ικανότητα της ακοής, ακούν τον ήχο. Ο κλάδος της Φυσικής που μελετά τις ιδιότητες, τη συμπεριφορά καθώς και τις εφαρμογές του ήχου, ονομάζεται Ακουστική.

Ήχος δημιουργείται, όταν μία ηχητική πηγή ταλαντώνεται, δηλαδή όταν μία ηχητική πηγή κινείται ρυθμικά πέρα-δώθε. Ηχητική πηγή μπορεί να είναι π.χ. οι φωνητικές μας χορδές, οι χορδές ενός οργάνου, π.χ. ενός βιολιού, μία σειρήνα, η κόρνα ενός αυτοκινήτου, το χτύπημα δύο στερεών σωμάτων μεταξύ τους κ.λπ. Για τη μετάδοση του ήχου είναι απαραίτητο ένα μέσο, όπως ο αέρας, το νερό και τα στερεά σώματα. Δηλαδή ο ήχος δε μεταδίδεται στο κενό.

Αναφέραμε προηγουμένως, ότι ήχος δημιουργείται, όταν μία ηχητική πηγή ταλαντώνεται. Οι ταλαντώσεις λοιπόν αυτές της ηχητικής πηγής μεταφέρονται στο μέσο μεταφοράς του ήχου, π.χ. στον αέρα και φτάνουν μέχρι τα αυτιά του ανθρώπου.

Το κάθε αυτί ενός ανθρώπου έχει στο εσωτερικό του περίπου 20 000 αισθητήρια ή ακουστικά κύτταρα. Τα κύτταρα αυτά δέχονται τις ταλαντώσεις της ηχητικής πηγής που φτάνουν μέσω του αέρα σε αυτά, δηλαδή στα ακουστικά κύτταρα, μεταβάλλουν τις ταλαντώσεις σε νευρικά ερεθίσματα που τα μεταφέρουν στον εγκέφαλο, ο οποίος τα μεταφράζει πάλι σε ήχο, τα δε ανθρώπινα αυτιά αντιλαμβάνονται τελικά τις ταλαντώσεις του αέρα σαν ήχο.

Είδη Ήχων

Υπάρχουν διάφορα είδη ήχων, τους οποίους ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται διαφορετικά, αν κρίνουμε από το μεγάλο αριθμό λέξεων, που υπάρχουν στην Ελληνική γλώσσα, για να χαρακτηρίσουν τη διαφορετικότητα των ήχων.

Παραδείγματα λέξεων που χαρακτηρίζουν τους ήχους της φύσης είναι: Βροντή, παφλασμός των κυμάτων, σφύριγμα του ανέμου, θρόισμα των φύλλων κ.λπ. Ακόμη πλουσιότερο είναι το λεξιλόγιο για τους ήχους ζώων όπως: Γαύγισμα σκύλου, νιαούρισμα γάτας, λάλημα του πετεινού, βέλασμα του προβάτου, βρυχηθμός του λιονταριού κ.λπ. Παραδείγματα λέξεων για τους ήχους που δημιουργεί ο άνθρωπος είναι: Κλάμα, φτάρνισμα, αγκομαχητό, ροχαλητό κ.λπ.

Ο άνθρωπος εκτός από τους φυσικούς ήχους που τον περιβάλλουν και που δε μπορεί να ελέγξει τελείως, εκτίθεται και σε μία σχεδόν απεριόριστη ποικιλία τεχνητών ήχων, που δημιουργεί όμως μόνος του. Παραδείγματα είναι τρόχισμα μετάλλων ή πέτρας, κρότοι από όπλα, βουητό από αυτοκίνητα, θόρυβος από αεροπλάνα κ.λπ.

Ιστορική Εξέλιξη

Θόρυβος είναι ένας ήχος που ενοχλεί κάποιον. Ο θόρυβος υπήρχε ανέκαθεν και οι άνθρωποι, από τότε που υπάρχουν επάνω στη γη, αισθάνονται ενόχληση από το θόρυβο. Αυτό το έχουν περιγράψει στα έργα τους Φιλόσοφοι, Ποιητές και Διανοούμενοι όλων των εποχών. Ο Ιπποκράτης, ο Πλάτων, ο Αριστοτέλης, ο Οράτιος, ο Δάντης ή ο Γκαίτε, όλοι αυτοί απεχθάνονταν το θόρυβο και αγαπούσαν την ησυχία. Δε βρήκαν όμως όλοι τη λύση του προβλήματός των με το θόρυβο, όπως τα κατάφερε ο Γερμανός Φιλόσοφος Ιμάνουελ Καντ. Ο Καντ λοιπόν, ο οποίος συνήθιζε να ξεκινάει την εργασία του πολύ νωρίς το πρωί, ενοχλείτο (στην προσπάθειά του να συγκεντρωθεί) από το συχνό λάλημα ενός πετεινού. Έτσι αγόρασε τον πετεινό και τον απόλαυσε σε ένα δείπνο με τους φίλους του.

Ήδη περίπου 200 χρόνια π.Χ. οι Κινέζοι εξέδωσαν μία Διαταγή βάσει της οποίας η τιμωρία για αυτούς που ενέπαιζαν τους θεούς ήταν ο θάνατος μέσω πολύ ισχυρών θορύβων, διότι, όπως έγραφε η Διαταγή, ο θάνατος αυτός είναι ο πλέον μαρτυρικός. Γύρω στο 1600 μ.Χ. όμως η Βασίλισσα Ελισάβετ της Αγγλίας απαγόρευσε στους άνδρες να δέρνουν τα παιδιά τους μετά τη 10η ώρα το βράδυ, για να μην ενοχλούνται οι γείτονες από το κλάμα των παιδιών. Τέλος, το Γενικό Αστικό Δίκαιο της Πρωσίας όριζε το 1793: Νεαροί, οι οποίοι κάνουν θόρυβο στους δρόμους, τιμωρούνται, ανάλογα με την ενόχληση που προξενούν με ξύλο, φυλάκιση ή και κάτεργα.

Και ενώ, όπως περιγράψαμε, από αρχαιοτάτων χρόνων οι άνθρωποι είχαν αντιληφθεί το πρόβλημα του θορύβου και αυτοί που έκαναν θόρυβο τιμωρούνταν, στην Πατρίδα μας είναι ενίοτε δυνατό κάποιος να θορυβεί όπως θέλει, όποτε θέλει και όπου θέλει, δίχως να τιμωρείται, παρότι υπάρχει απαγορευτική νομοθεσία. Μου έχουν διηγηθεί, ότι πριν από χρόνια υπήρχε ένας μοτοσικλετιστής, ο οποίος ξεκινούσε μετά τα μεσάνυχτα από τον Πειραιά και έφτανε στην Κηφισιά προκαλώντας έναν εκκωφαντικό θόρυβο, αφού είχε παραποιήσει την εξάτμιση της μοτοσικλέτας του. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός, ότι και στην Πατρίδα μας υπάρχει νομοθεσία ενάντια στην Ηχορύπανση, αλλά όπως και σε άλλους τομείς δεν εφαρμόζεται.

Ταχύτητα του Ήχου

Ένα χαρακτηριστικό μέγεθος του ήχου είναι η ταχύτητά του. Η ταχύτητα του ήχου εξαρτάται από το μέσο στο οποίο διαδίδεται ο ήχος και από τη θερμοκρασία του μέσου (όχι όμως και από την πίεση του μέσου). Έτσι όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι π.χ. μηδέν βαθμοί Κελσίου (0°C), η ταχύτητα του ήχου στον αέρα, είναι, 331 μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m/s), ενώ όταν η θερμοκρασία είναι π.χ. 20°C , η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι 343 (m/s). Δηλαδή, αν κάποιος μας φωνάξει και απέχει 343 μέτρα από εμάς, ενώ η θερμοκρασία του αέρα είναι 20°C , τότε η φωνή του φτάνει στα αυτιά μας μετά από 1 δευτερόλεπτο.

Και τώρα μία πληροφορία για τις Αναγνώστριες ή τους Αναγνώστες που φοβούνται τους κεραυνούς (εγώ πάντως φοβόμουν τους κεραυνούς, όταν ήμουν μικρός). Έστω λοιπόν, ότι κάπου στην ατμόσφαιρα δημιουργείται μία ηλεκτρική εκκένωση, δηλαδή όπως λέμε στην καθομιλουμένη έστω, ότι κάπου «πέφτει» ένας κεραυνός. Ο κεραυνός συνοδεύεται από ένα ισχυρό φως δηλαδή από μία αστραπή και έναν ισχυρό ήχο, δηλαδή από μία βροντή. Η αστραπή, δηλαδή το φως, μεταδίδεται σε οποιαδήποτε απόσταση επάνω στη γη ακαριαία, λόγω της πολύ μεγάλης ταχύτητας του φωτός (η ταχύτητα του φωτός είναι στο κενό περίπου 300 000 χιλιόμετρα ανά δευτερόλεπτο). Η βροντή αντίθετα, δηλαδή ο ήχος, μεταδίδεται στην ατμόσφαιρα αργά βέβαια, δηλαδή με την ταχύτητα του ήχου.

Όταν λοιπόν κάπου όπως λέμε «πέσει» ένας κεραυνός, η θερμοκρασία του αέρα είναι 20°C και ο χρόνος από τη στιγμή που βλέπουμε την αστραπή (το φως της οποίας φτάνει σε εμάς, όπως προαναφέραμε, ακαριαία) μέχρι τη στιγμή που ακούμε τον ήχο της βροντής, είναι π.χ. 3 δευτερόλεπτα, τότε ο τόπος που «έπεσε» ο κεραυνός είναι περίπου 1 χιλιόμετρο μακριά από εμάς, αφού ο ήχος σε 1 δευτερόλεπτο έχει διανύσει 343 μέτρα και επομένως σε 3 δευτερόλεπτα έχει διανύσει $343 \times 3 = 1029$ μέτρα.

Επομένως όταν πέσει σε έναν τόπο ένας κεραυνός και δούμε την αστραπή, μπορούμε χωρίς να φοβόμαστε καθόλου να μετράμε τα δευτερόλεπτα μέχρι να ακούσουμε τη βροντή, λέγοντας τικ-τακ, τικ-τακ, κ.λπ. Έτσι πολλαπλασιάζοντας τα δευτερόλεπτα, δηλαδή τον αριθμό των τικ-τακ, επί 343 βρίσκουμε την απόσταση από εμάς του τόπου που έπεσε ο κεραυνός.

Αναφέραμε προ ολίγου ότι μπορούμε χωρίς να φοβόμαστε καθόλου να μετράμε τα δευτερόλεπτα μέχρι να ακούσουμε τη βροντή, λέγοντας τικ-τακ, τικ-τακ, κ.λπ. Και πράγματι δε χρειάζεται να φοβόμαστε ποτέ, Διότι μόνο μια φορά θα πρέπει να είχαμε φοβηθεί, όταν δηλαδή ο κεραυνός πέσει ακριβώς εκεί που βρισκόμαστε. Τότε όμως δεν θα έχουμε το χρόνο να μετράμε τικ-τακ, διότι το φως της αστραπής θα το δούμε συγχρόνως με το άκουσμα της βροντής και τα υπόλοιπα είναι μάλλον ...ευνόητα.

Ολοκληρώνοντας τα της ταχύτητας του ήχου αναφέρουμε, ότι η ταχύτητα του ήχου μέσα στο θαλασσινό νερό, είναι 1490 (m/s), ενώ η ταχύτητα του ήχου μέσα στο χάλυβα είναι περίπου 5 000 (m/s).

Συχνότητα του Ήχου

Ένα άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος του ήχου, εκτός από την ταχύτητά του είναι η συχνότητα του ήχου, που ξεχωρίζει τους ήχους σε βαρείς ή οξείς. Η συχνότητα του ήχου είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων της ηχητικής πηγής στη χρονική διάρκεια ενός δευτερολέπτου και μετριέται σε Χερτς. Έτσι π.χ. λέμε, ότι η συχνότητα ενός συγκεκριμένου ήχου είναι 500 ταλαντώσεις στη διάρκεια ενός δευτερολέπτου ή 500 Χερτς.

Όσο μικρότερη είναι η συχνότητα του ήχου, δηλαδή όσο μικρότερος είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων της ηχητικής πηγής στη διάρκεια ενός δευτερολέπτου,

τόσο πιο βαρύς ακούγεται ο ήχος, δηλαδή όπως ακούγεται η φωνή ενός τραγουδιστή, που είναι μπάσος.

Αντίθετα, όσο μεγαλύτερη είναι η συχνότητα του ήχου, δηλαδή όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των ταλαντώσεων της ηχητικής πηγής στη διάρκεια ενός δευτερολέπτου, τόσο πιο οξύς ακούγεται ο ήχος, δηλαδή όπως ακούγεται μία υψίφωνος. Ένας νεαρός άνθρωπος μπορεί να ακούσει ήχους από περίπου 16 Χερτς έως περίπου 16 000 Χερτς, με μία όμως διαφοροποίηση από άνθρωπο σε άνθρωπο. Αυτή ακριβώς η διαφοροποίηση είναι και ο λόγος για τον οποίο κυκλοφορούν και άλλες τέτοιες τιμές, όπου η ελαχίστη είναι 10 Χερτς και η μεγίστη 20 000 Χερτς. Στη συνέχεια παραδεχόμαστε, ότι ένας νεαρός άνθρωπος μπορεί να ακούσει ήχους από περίπου 10 Χερτς έως 20 000 Χερτς. Ο άνθρωπος όμως καθώς μεγαλώνει η ηλικία του, χάνει την ικανότητα να ακούει πολύ οξείς ήχους, δηλαδή ήχους με πολύ υψηλή συχνότητα, δηλαδή ήχους μέχρι 20 000 Χερτς.

Ήχους που έχουν συχνότητα μικρότερη των 10 Χερτς τους ονομάζουμε υπόηχους. Αντίθετα ήχους, που έχουν συχνότητα μεγαλύτερη των 20 000 Χερτς, τους ονομάζουμε υπέρηχους. Οι υπέρηχοι έχουν ένα πολύ μεγάλο αριθμό εφαρμογών στη σύγχρονη Ακουστική Επιστήμη και Τεχνολογία. Ειδικά στη Διαγνωστική Ιατρική είναι τόσες πολλές οι εφαρμογές των υπέρηχων, ώστε σχεδόν ο καθένας μας έχει κάνει κάποτε μία τέτοια εξέταση, στην οποία γίνεται διάγνωση και μάλιστα δίχως καμία επιβάρυνση του οργανισμού μας. Επιβάρυνση του οργανισμού μας έχουμε π.χ. σε μία ακτινοσκόπηση, σε μία ακτινογραφία, σε μία αξονική τομογραφία, σε μία μαγνητική τομογραφία κ.λπ.

Ένταση του Ήχου

Ένα άλλο χαρακτηριστικό μέγεθος του ήχου, εκτός από τη συχνότητά του είναι η ένταση του ήχου, η οποία διακρίνει τους ήχους σε ασθενείς και ισχυρούς ήχους. Η ένταση του ήχου εξαρτάται από την πίεση που δημιουργεί η ηχητική πηγή, π.χ. οι ηχητικές μας χορδές στο μέσο μεταφοράς του ήχου, π.χ. στον αέρα. Έτσι, η ένταση του ήχου είναι ένα μέγεθος, που μπορεί να μετρηθεί εύκολα και με μεγάλη ακρίβεια, αφού εξαρτάται από την πίεση που δημιουργεί η ηχητική πηγή στο μέσο μεταφοράς π.χ. στον αέρα και η μέτρηση της πίεσης π.χ. στον αέρα είναι ένα απλό πρόβλημα.

Η ένταση του ήχου μπορεί να συσχετιστεί όμως εκτός από την πίεση και με την ισχύ, δηλαδή με την ενέργεια στη μονάδα του χρόνου που εκπέμπει η ηχητική πηγή. Στη συνέχεια, όταν θα αναφέρουμε την ένταση του ήχου, θα τη συσχετίζουμε με την ενέργεια στη μονάδα του χρόνου της ηχητικής πηγής.

Η ένταση του ήχου είναι το σημαντικότερο χαρακτηριστικό μέγεθος του ήχου, διότι με αυτό το μέγεθος εκφράζεται η ενέργεια του ήχου, από την οποία εξαρτώνται οι επιπτώσεις του ήχου στον άνθρωπο.

Το αυτί του ανθρώπου αντιλαμβάνεται έναν ήχο μόνο όταν η ένταση του ήχου ξεπεράσει μία ελαχίστη τιμή που λέγεται «**κατώφλι ακουστότητας**». Υπάρχει όμως και ένα άλλο όριο της έντασης του ήχου προς τα επάνω, όπου η ακοή γίνεται μία οδυνηρή αίσθηση. Το μέγεθος αυτής της έντασης του ήχου ονομάζεται «**κατώφλι του πόνου**». Η ένταση ενός ήχου δηλώνεται συνήθως με το πόσο πιο ισχυρή είναι η ένταση του εκάστοτε ήχου σε σχέση με την ένταση του ήχου στο «κατώφλι ακουστότητας». Επειδή όμως η ένταση του ήχου στο «κατώφλι ακουστότητας», είναι πολύ μικρή, η ένταση ενός οποιουδήποτε ήχου είναι ένας πολύ μεγάλος αριθμός.

Έτσι π.χ. η ένταση που έχει ο ήχος στο «κατώφλι του πόνου» είναι δέκα τρισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από την ένταση που έχει ο ήχος στο «κατώφλι ακουστότητας». Η ένταση όμως του ήχου είναι, όπως προαναφέραμε, ένα μέγεθος, με το οποίο εκφράζεται η ενέργεια του ήχου (στη μονάδα του χρόνου), από την οποία

εξαρτώνται οι επιπτώσεις του ήχου στον άνθρωπο. Ποιο θα ήταν λοιπόν το μέγεθος της ενημέρωσής μας, αν μας έλεγαν, ότι η ένταση του ήχου που εκπέμπει η καμπίνα ενός αεροσκάφους με κανονικές συνθήκες πτήσεως είναι (και αυτή είναι η πραγματική τιμή) 10 δισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από την ένταση που έχει ο ήχος στο «κατώφλι ακουστότητας»; Ή ότι η ένταση του ήχου που εκπέμπει ένα συνηθισμένο γραφείο (δηλαδή όπου οι εργαζόμενοι δεν κάνουν ιδιαίτερο θόρυβο) είναι (και αυτή είναι επίσης η πραγματική τιμή) 100 000 φορές μεγαλύτερη από την ένταση που έχει ο ήχος στο «κατώφλι ακουστότητας»; Προφανώς τέτοιες πληροφορίες δε θα ήταν ιδιαίτερα ενημερωτικές.

Όταν ένα μέγεθος (όπως η ένταση του ήχου) παίρνει τιμές που διαφέρουν πολύ μεταξύ τους, προκειμένου να ορίσουμε αυτό το μέγεθος δεν χρησιμοποιούμε μία συνηθισμένη κλίμακα (π.χ. την συνηθισμένη γραμμική κλίμακα) αλλά μία «**λογαριθμική**» κλίμακα. Γι' αυτό για προβλήματα έντασης του ήχου, δηλαδή ενέργειας του ήχου και επομένως για προβλήματα επιπτώσεων του ήχου στον άνθρωπο χρησιμοποιούμε μία «λογαριθμική» κλίμακα, όπου η ένταση του ήχου εκφράζεται σε ντεσιμπέλ (dB). Στη συνέχεια αντί της λέξης ντεσιμπέλ θα χρησιμοποιούμε και τη σύντμηση dB. Μία λογαριθμική κλίμακα είναι και η κλίμακα **Ρίχτερ**, με την οποία χαρακτηρίζουμε την ένταση των σεισμών (έτσι, αν παρακολουθήσετε τα επόμενα, θα μπορείτε να αντιλαμβάνεστε καλλίτερα τις ιδιαιτερότητες στην περιγραφή της έντασης των σεισμών).

Η Κλίμακα Ντεσιμπέλ (dB)

Η ένταση ενός ήχου σε ντεσιμπέλ δίνεται από ένα τύπο, στον οποίο υπεισέρχονται δύο μεγέθη δηλαδή η ισχύς του ήχου του οποίου την ένταση θέλουμε να εκφράσουμε σε ντεσιμπέλ (dB) και η ισχύς του ήχου στο «κατώφλι ακουστότητας». Σαν να μην έφτανε όμως αυτό, στον τύπο υπεισέρχεται και ένα μέγεθος που λέγεται λογάριθμος, το οποίο ακόμη και για φοιτητές κάθε άλλο παρά αυτονόητο είναι.

Εγώ όμως Σας υποσχέθηκα, ότι θα περιγράψω την ύλη με απλά και κατανοητά λόγια, δίχως να προϋποθέτω πρότερες γνώσεις. Το ίδιο θα κάνω και με την περιγραφή της κλίμακας ντεσιμπέλ (dB). Δηλαδή θα την περιγράψουμε δίχως την χρήση τύπων και λογαρίθμων.

Αναφέραμε προηγουμένως, ότι η ένταση ενός ήχου δηλώνεται συνήθως με το πόσο πιο ισχυρή είναι η ένταση του εκάστοτε ήχου σε σχέση με την ένταση του ήχου στο «κατώφλι ακουστότητας». Έστω λοιπόν, ότι ένας ήχος, του οποίου θέλουμε να ορίσουμε την ένταση σε ντεσιμπέλ, είναι 1 000 φορές πιο ισχυρός από την ένταση του ήχου στο «κατώφλι ακουστότητας». Ο αριθμός 1 000 έχει μπροστά του τον αριθμό ένα ακολουθούμενο από 3 μηδενικά. Τότε η ένταση αυτού του ήχου σε ντεσιμπέλ, είναι όσο ο αριθμός των μηδενικών, δηλαδή 3 αλλά επί 10, δηλαδή 30 ντεσιμπέλ.

Τώρα ένα δεύτερο παράδειγμα: Έστω, ότι ένας ήχος, του οποίου θέλουμε να ορίσουμε την ένταση σε ντεσιμπέλ είναι 1 000 000 φορές πιο ισχυρός από την ένταση του ήχου στο «κατώφλι ακουστότητας». Ο αριθμός 1 000 000 έχει μπροστά του τον αριθμό ένα ακολουθούμενο από 6 μηδενικά. Οπότε η ένταση αυτού του ήχου σε ντεσιμπέλ είναι όσο ο αριθμός των μηδενικών, δηλαδή 6 αλλά επί 10, δηλαδή 60 ντεσιμπέλ.

Και τώρα ένα τελευταίο παράδειγμα: Είπαμε προηγουμένως, ότι η ένταση που έχει ο ήχος στο «κατώφλι του πόνου» είναι 10 τρισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από την ένταση που έχει ο ήχος στο «κατώφλι ακουστότητας». Ο αριθμός 10 τρισεκατομμύρια έχει μπροστά του το ένα ακολουθούμενο από 13 μηδενικά. Οπότε η

ένταση αυτού του ήχου σε ντεσιμπέλ είναι όσο ο αριθμός των μηδενικών, δηλαδή 13 αλλά επί 10, δηλαδή 130 ντεσιμπέλ.

Τι κατορθώσαμε λοιπόν με την κλίμακα ντεσιμπέλ; Αυτό που κατορθώσαμε είναι, ότι αντί να λέμε, ότι ένας ήχος είναι εκατομμύρια ή δισεκατομμύρια ή τρισεκατομμύρια φορές πιο ισχυρός, από ότι είναι ο ήχος στο «κατώφλι ακουστότητας», αναφερόμαστε μόνο σε εντάσεις του ήχου από 0 έως 130 ντεσιμπέλ (μηδέν ντεσιμπέλ είναι η ένταση του ήχου στο «κατώφλι ακουστότητας»). Αυτό είναι βέβαια ένα πολύ μεγάλο πλεονέκτημα. Όπως όμως συμβαίνει και στη ζωή, όπου σχεδόν τίποτα δεν έχει μόνο πλεονεκτήματα, έτσι και η κλίμακα ντεσιμπέλ έχει μεν το πολύ μεγάλο πλεονέκτημα που περιγράψαμε προηγουμένως, έχει όμως και περισσότερες ιδιαιτερότητες στις οποίες θα επιστρέψουμε αργότερα.

Αφού περιγράψαμε την κλίμακα ντεσιμπέλ (dB) με απλά λόγια, μπορείτε να αγνοήσετε το κείμενο που ακολουθεί και είναι γραμμένο με κόκκινα γράμματα. Με αυτό το κείμενο θα δώσουμε απλώς τη δυνατότητα και σε αυτούς που δεν έχουν προβλήματα με τύπους και λογαρίθμους να μελετήσουν την κλίμακα ντεσιμπέλ (dB) λίγο πιο θεωρητικά. Οι υπόλοιποι όμως δεν χάνουν τίποτα, αν συνεχίσουν μετά το κόκκινο κείμενο.

Ο τύπος από τον οποίο προκύπτει η ένταση E του ήχου σε ντεσιμπέλ είναι ο εξής:

$$E(\text{dB})=10 \cdot \log \frac{P}{P_a} ,$$

όπου

P : είναι η ισχύς της ηχητικής πηγής την οποία εξετάζουμε, π.χ. μία ήρεμη συνομιλία,

P_a : είναι η ισχύς του ήχου στο «κατώφλι ακουστότητας» με την τιμή 10^{-12} βατ και

\log : είναι το σύμβολο του λογαρίθμου.

Από την εφαρμογή του προηγουμένου τύπου προκύπτουν τα εξής δύο συμπεράσματα (βλέπε και Πίνακα 17, σελ. 211):

- Η ένταση E σε dB ενός ήχου, του οποίου η ισχύς είναι στο «κατώφλι ακουστότητας», δηλαδή $P = P_a$ (βλέπε 1^η περίπτωση του Πίνακα 17, σελ. 211) είναι $E = 0$ dB, διότι ο λογάριθμος του 1 είναι το μηδέν.
- Η ένταση E σε dB ενός ήχου, του οποίου η ισχύς είναι στο «κατώφλι του πόνου», δηλαδή $P = P_\pi$ (βλέπε 14^η περίπτωση του Πίνακα 17, σελ. 211) είναι $E = 130$ dB,

Ιδιαιτερότητες της Κλίμακας ντεσιμπέλ (dB)

Συνεχίζουμε αγνοώντας το κόκκινο κείμενο.

Στον Πίνακα 17, σελ. 211 έχουμε καταγράψει για 14 διαφορετικές περιπτώσεις την ένταση του ήχου σε ντεσιμπέλ (dB) ανάλογα με το πόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς του ήχου σε σχέση με την ισχύ του ήχου στο κατώφλι ακουστότητας

Στην 1^η Στήλη είναι οι 14 περιπτώσεις για τις οποίες θέλουμε να ορίσουμε την ένταση του ήχου σε ντεσιμπέλ (dB).

Στην 2^η Στήλη αναφέρεται πόσο μεγαλύτερη είναι η ισχύς του ήχου (του οποίου θέλουμε να ορίσουμε την ένταση σε ντεσιμπέλ (dB)) σε σχέση με την ισχύ του ήχου στο κατώφλι ακουστότητας.

Στην 3^η Στήλη αναφέρεται η ένταση του ήχου σε ντεσιμπέλ (dB) κατ' αρχάς με την βοήθεια του τύπου (που δεν χρειάζεται να μας απασχολήσει).

$$E(\text{dB})=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}$$

Όπου

E : Ένταση του ήχου σε ντεσιμπέλ,

P : Ισχύς του ήχου

P_a : Ισχύς του ήχου στο κατώφλι της ακουστότητας

Περίπτωση	Ισχύς P του ήχου σε σύγκριση με την ισχύ P_a του ήχου στο «κατώφλι της ακουστότητας»	Ένταση του ήχου E σε ντεσιμπέλ (dB)
1 ^η	$P_a = 1 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 1 = 0 \text{ dB}$
2 ^η	$P = 10 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^1= 10 \text{ dB}$
3 ^η	$P = 100 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^2= 20 \text{ dB}$
4 ^η	$P = 1\,000 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^3= 30 \text{ dB}$
5 ^η	$P = 10\,000 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^4= 40 \text{ dB}$
6 ^η	$P = 100\,000 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^5= 50 \text{ dB}$
7 ^η	$P = 1\,000\,000 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^6= 60 \text{ dB}$
8 ^η	$P = 10\,000\,000 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^7= 70 \text{ dB}$
9 ^η	$P = 100\,000\,000 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^8= 80 \text{ dB}$
10 ^η	$P = 1\,000\,000\,000 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^9= 90 \text{ dB}$
11 ^η	$P = 10\,000\,000\,000 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^{10}=100 \text{ dB}$
12 ^η	$P = 100\,000\,000\,000 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^{11}=110 \text{ dB}$
13 ^η	$P = 1\,000\,000\,000\,000 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^{12}=120 \text{ dB}$
14 ^η	$P_x = 10\,000\,000\,000\,000 \cdot P_a$	$E=10 \cdot \log \frac{P}{P_a}=10 \cdot \log 10^{13}=130 \text{ dB}$

Πίνακας 17: Ένταση E του Ήχου σε Ντεσιμπέλ (dB) σε Συνάρτηση της Ισχύος του Ήχου

Ας δοκιμάσουμε λοιπόν να χρησιμοποιήσουμε τον Πίνακα 17, σελ. 211: Παρακολουθούμε την 4^η περίπτωση στον Πίνακα 17, σελ. 211 (1^η Στήλη). Σε αυτήν την περίπτωση η ισχύς του ήχου είναι 1 000 φορές μεγαλύτερη από την ισχύ του ήχου στο κατώφλι ακουστότητας (2^η Στήλη), δηλαδή το 1 000 φορές είναι ένας αριθμός που έχει μπροστά του το ένα ακολουθούμενο από 3 μηδενικά. Επομένως βάσει των όσων περιγράψαμε για τον ορισμό της έντασης του ήχου σε ντεσιμπέλ (dB) με τον απλό τρόπο, η ένταση αυτού του ήχου σε ντεσιμπέλ (dB) είναι ο αριθμός των μηδενικών 3 πολλαπλασιασμένος επί 10 ίσον 30 ντεσιμπέλ (dB). Αυτό το 30 (dB) το βλέπουμε στο άκρο δεξιά της 3^{ης} Στήλης. Στο 30 (dB) καταλήγουν βέβαια και αυτοί που εργάστηκαν με το κόκκινο κείμενο, δηλαδή με τον τύπο και τους λογαρίθμους (βλέπε επίσης 3^η Στήλη αλλά στο αριστερό της μέρος).

Είναι επομένως καθησυχαστικό το ότι και με τον απλό και με τον μαθηματικό τρόπο καταλήξαμε στο ίδιο αποτέλεσμα.

Και για να το εμπεδώσουμε περισσότερο κάνουμε ακόμη ένα παράδειγμα: Στον Πίνακα 17, σελ. 211 παίρνουμε την 7^η περίπτωση. Τώρα η ισχύς του ήχου του οποίου θέλουμε να ορίσουμε την ένταση σε ντεσιμπέλ (dB) είναι ένα εκατομμύριο φορές, (δηλαδή ένας αριθμός που έχει μπροστά του το ένα ακολουθούμενο από 6 μηδενικά) μεγαλύτερη από την ισχύ του ήχου στο κατώφλι ακουστότητας. Επομένως κατά τον απλό τρόπο η ένταση αυτού του ήχου σε ντεσιμπέλ (dB) είναι το 6 επί 10, δηλαδή 60 (dB), Αυτό το 60 (dB) το βλέπουμε στο άκρο δεξιά της 3^{ης} Στήλης. Στο 60 (dB) καταλήγουν βέβαια και αυτοί που εργάστηκαν με το κόκκινο κείμενο, δηλαδή τον τύπο και τους λογαρίθμους (βλέπε επίσης 3^η Στήλη αλλά στο αριστερό της μέρος).

Στη συνέχεια θα περιγράψουμε ορισμένες ιδιαιτερότητες της κλίμακας dB, μερικές από τις οποίες απορρέουν σχεδόν άμεσα από τον Πίνακα 17, σελ. 211:

- Όταν η ένταση ενός ήχου είναι κατά 10 dB μεγαλύτερη μιας άλλης, π.χ. από 50 σε 60 dB (βλέπε 6^η και 7^η περίπτωση στον Πίνακα 17, σελ. 211), τότε η ένταση του ήχου των 60 dB δεν είναι (όπως θα μπορούσε να φανταστεί κανείς, αν η κλίμακα dB ήταν συνηθισμένη, δηλαδή γραμμική) κατά το 1/5 μεγαλύτερη της έντασης του ήχου των 50 dB, αλλά μεγαλύτερη κατά 10 φορές (αφού η ισχύς του ήχου αυξήθηκε από $100\,000 \cdot P_a$ σε $1\,000\,000 \cdot P_a$).
- Αντίστοιχα, όταν η ένταση ενός ήχου είναι κατά 20 dB, 30 dB, 40 dB μεγαλύτερη μιας άλλης, π.χ. από 50 dB σε 70 dB, 80 dB, 90 dB, τότε η ένταση του ήχου είναι κατά 100, 1000, 10 000 φορές μεγαλύτερη, όπως προκύπτει εύκολα από την σύγκριση της 6^{ης} περίπτωσης με την 8^η, 9^η και 10^η περίπτωση του Πίνακα 17, σελ. 211.
- Τα προηγούμενα έχουν βέβαια συνέπειες. Έστω, ότι π.χ. πρέπει να μειώσουμε την ένταση ενός ήχου από 100 dB σε 90 dB ή 80 dB. Αυτό δε σημαίνει, ότι αρκεί να μειώσουμε την ένταση του ήχου κατά 10 ή 20% (όπως θα ίσχυε, αν η κλίμακα dB ήταν συνηθισμένη, δηλαδή γραμμική) αλλά κατά 10 ή 100 φορές (βλέπε τις περιπτώσεις 11^η, 10^η και 9^η του Πίνακα 17, σελ. 211)! Δηλαδή στο παράδειγμά μας, έστω ότι έχουμε π.χ. 1000 ίδιες ηχητικές πηγές τη μια δίπλα στην άλλη, οι οποίες δημιουργούν σε μία ορισμένη απόσταση a έναν ήχο με την ένταση 100 dB και θέλουμε να μειώσουμε στην ίδια απόσταση a την ένταση του ήχου από 100 dB σε 90 dB ή 80 dB. Αν η κλίμακα dB ήταν συνηθισμένη κλίμακα, δηλαδή γραμμική, θα μπορούσε να φανταστεί κάποιος, ότι αρκεί να αφήσουμε σε λειτουργία 900 ηχητικές πηγές ή 800 αντίστοιχα. Λόγω όμως της ιδιαιτερότητας της κλίμακας dB πρέπει, προκειμένου να φτάσουμε από τα 100 dB στα 90 dB ή στα 80 dB, να μειώσουμε την ένταση των ηχητικών πηγών 10 φορές ή 100 φορές αντίστοιχα, δηλαδή ο αριθμός των

ηχητικών πηγών πρέπει να μειωθεί από 1 000 πηγές σε 100 πηγές ή μόνο 10 πηγές αντίστοιχα.

- Μία άλλη χαρακτηριστική ιδιαιτερότητα της κλίμακας dB προκύπτει, όταν θέλουμε να προσθέσουμε εντάσεις ήχου, κάτι που θα εξηγήσουμε με τη βοήθεια ενός παραδείγματος. Έστω λοιπόν, ότι η λειτουργία μίας μηχανής δημιουργεί σε μία ορισμένη απόσταση α έναν ήχο έντασης 50 dB. Τοποθετούμε δίπλα σε αυτή τη μηχανή μία πανομοιότυπη της και θέτουμε το ερώτημα, τι ένταση θα έχει ο ήχος στην ίδια απόσταση α (με όλες τις άλλες συνθήκες ίδιες) από τη λειτουργία και των δύο μηχανών συγχρόνως; Δηλαδή θέτουμε το ερώτημα πόσο είναι 50 dB + 50 dB; Βέβαια θα μπορούσε να σκεφτεί κανείς, ότι αυτονόητα 50 dB + 50 dB = 100 dB (όπως θα ίσχυε, αν η κλίμακα dB ήταν συνηθισμένη, δηλαδή γραμμική), κάτι όμως το οποίο είναι μεγάλο λάθος. Και τούτο διότι όπως προαναφέραμε, η κλίμακα dB είναι λογαριθμική. Για έναν, ο οποίος δε θέλει να ασχοληθεί με λογαρίθμους, αναφέρουμε απ' ευθείας το αποτέλεσμα:
50 dB + 50 dB = 53 dB, αλλά και γενικά
 $A \text{ dB} + A \text{ dB} = (A+3) \text{ dB}$,
Και έτσι η Αναγνώστρια ή ο Αναγνώστης δε χρειάζεται να ασχοληθεί με τις επόμενες 15 γραμμές.

Γι αυτούς όμως που ενδιαφέρονται για την απόδειξη των ανωτέρω ισχύει:
Η ένταση του ήχου σε dB της μίας μηχανής ($E_{1\mu}$) δίνεται, όπως εξηγήσαμε, από τον τύπο

$$E_{1\mu} = 10 \cdot \log \frac{P_{1\mu}}{P_\alpha}$$

όπου

$P_{1\mu}$ είναι η ισχύς του ήχου της μίας μηχανής και

P_α είναι η ισχύς του ήχου στο «κατώφλι ακουστότητας» = 10^{-12} Βατ.

Επομένως η ένταση του ήχου των δύο μηχανών ($E_{2\mu}$) σε dB δίνεται από τον τύπο

$$\begin{aligned} E_{2\mu} &= 10 \cdot \log \frac{2P_{1\mu}}{P_\alpha} \\ &= 10 \cdot \log \left(2 \cdot \frac{P_{1\mu}}{P_\alpha} \right) \\ &= 10 \cdot \log 2 + 10 \cdot \log \frac{P_{1\mu}}{P_\alpha} \\ &= 10 \cdot 0,3 + 50 \\ &= 3 + 50 \\ &= 53 \text{ dB} \end{aligned}$$

Γενικά ισχύει (χωρίς απόδειξη) αν η ένταση του ήχου μίας ηχητικής πηγής σε dB είναι E , τότε ισχύει:

$E + 3 \text{ dB}$: 2πλασιασμός της έντασης του ήχου.

$E + 6 \text{ dB}$: 4πλασιασμός της έντασης του ήχου.

$E + 10 \text{ dB}$: 10πλασιασμός της έντασης του ήχου.

Επίσης:

$E - 3 \text{ dB}$: Μείωση της έντασης του ήχου εις το 1/2.

$E - 6 \text{ dB}$: Μείωση της έντασης του ήχου εις το 1/4.

$E - 10 \text{ dB}$: Μείωση της έντασης του ήχου εις το 1/10.

Και θα ρωτήσετε ίσως, γιατί μας τα λέει όλα αυτά; Στη συνέχεια θα εξηγήσουμε με ένα πρακτικό παράδειγμα **πόσο σημαντικές είναι αυτές οι γνώσεις**. Πηγαίνετε να αγοράσετε ένα μηχάνημα για να κουρεύετε το γρασίδι του κήπου σας και βλέπετε 2 διαφορετικά μηχανήματα, που τουλάχιστον εξωτερικά είναι παρόμοια. Οι κατασκευαστές είναι υποχρεωμένοι να αναγράφουν και την ένταση του ήχου που δημιουργούν τέτοια μηχανήματα. Έστω λοιπόν, ότι το ένα μηχάνημα έχει ένταση ήχου 50 ντεσιμπέλ και στοιχίζει 150 Ευρώ, ενώ το άλλο μηχάνημα έχει ένταση ήχου 60 ντεσιμπέλ και στοιχίζει 140 Ευρώ. Δεν έχετε ακούσει τίποτε για ηχορρύπανση και αποφασίζετε γρήγορα: Τα 2 μηχανήματα είναι εξωτερικά περίπου ίδια, το μηχάνημα των 60 ντεσιμπέλ είναι κατά 10 Ευρώ φτηνότερο, έ και τα ντεσιμπέλ είναι περίπου ίδια τι 50 τι 60 ντεσιμπέλ, αγοράζετε το μηχάνημα των 60 ντεσιμπέλ που είναι κατά 10 Ευρώ φτηνότερο και πηγαίνετε στο σπίτι σας. Βάζετε εμπρός το μηχάνημα και σας ξεκουφαίνει, διότι δεν ξέρετε, ότι το μηχάνημα των 60 ντεσιμπέλ κάνει τον ίδιο θόρυβο όσο 10 μηχανήματα των 50 ντεσιμπέλ μαζί. Μήπως λοιπόν αξίζει τον κόπο η Ελληνική κοινωνία να ασχοληθεί πιο εντατικά με την ηχορρύπανση; Μάλλον ναι!

Εδώ τελειώσαμε για σήμερα. Στην επόμενη 23η Ενότητα θα ολοκληρώσουμε την Ηχορρύπανση, ασχολούμενοι με πολύ σημαντικά Κεφάλαια, όπως «Επιπτώσεις του Ήχου στην Υγεία του Ανθρώπου», «Πρακτικά Παραδείγματα Μείωσης της Ηχορρύπανσης», «Μείωση της Ηχορρύπανσης στον Κυκλοφοριακό Τομέα», «Μείωση της Ηχορρύπανσης στον Οικιακό Τομέα» κ.α.