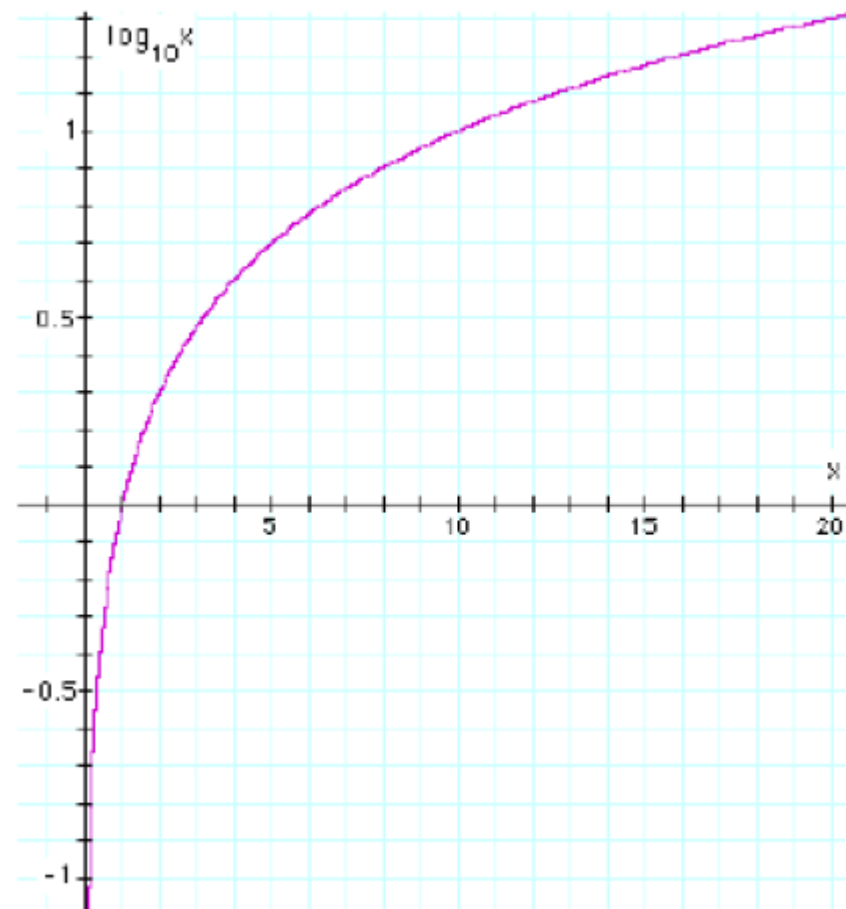


Λογαριθμική συνάρτηση



Τυπικές στάθμες ηχητικής πίεσης (dB SPL) διαφόρων πηγών και αντίστοιχες τιμές ηχητικής πίεσης (σε Pa).

Πηγή ήχου	Ένταση ήχου (Pa)	Ένταση ήχου (dB SPL)
Θεωρητικό όριο (πίεση 1 ατμόσφαιρας)	101.325	194
Πυροβολισμός (1 m)	200	140
Όριο πόνου	100	134
Σύντομη ακουστική βλάβη	20	~ 120
Αεροπλάνο (100 m)	6 – 200	110 – 140
Ντισκοτέκ	2	~ 100
Μακροχρόνια ακουστική βλάβη	6×10^{-1}	~ 90
Αυτοκινητόδρομος (10 m)	$2 \times 10^{-1} - 6 \times 10^{-1}$	80 – 90
Επιβατικό αυτοκίνητο (10 m)	$2 \times 10^{-2} - 2 \times 10^{-1}$	60 – 80
Τηλεόραση στο σπίτι (1 m)	2×10^{-2}	~ 60
Κανονική συνομιλία (1 m)	$2 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-2}$	40 – 60
Ήσυχο δωμάτιο	$2 \times 10^{-4} - 6 \times 10^{-4}$	20 – 30
Θρόισμα φύλλων, αναπνοή	6×10^{-5}	10
Κατώφλι ήχου (1kHz)	2×10^{-5}	0

SOUND PRESSURE

SOUND PRESSURE LEVEL

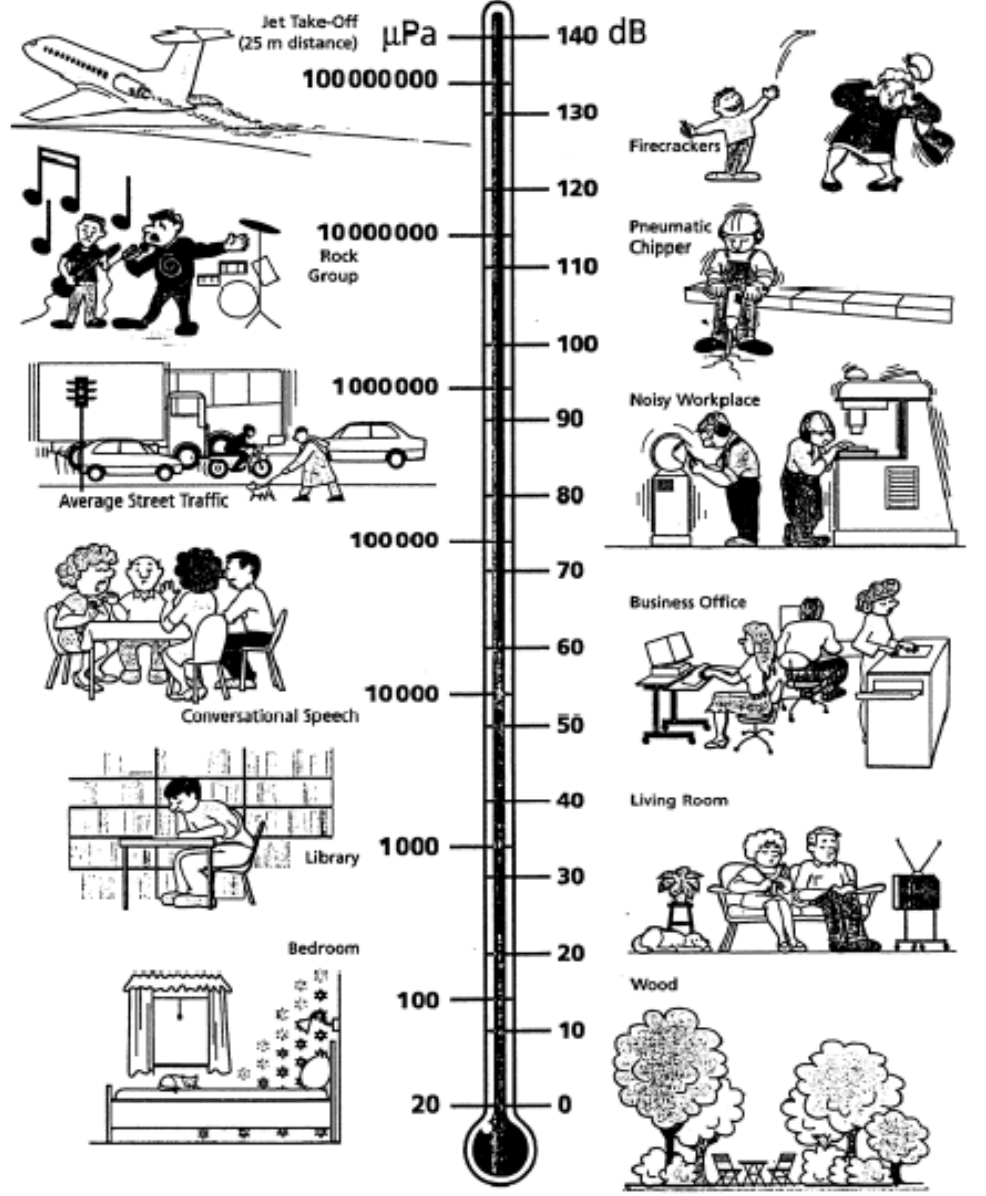
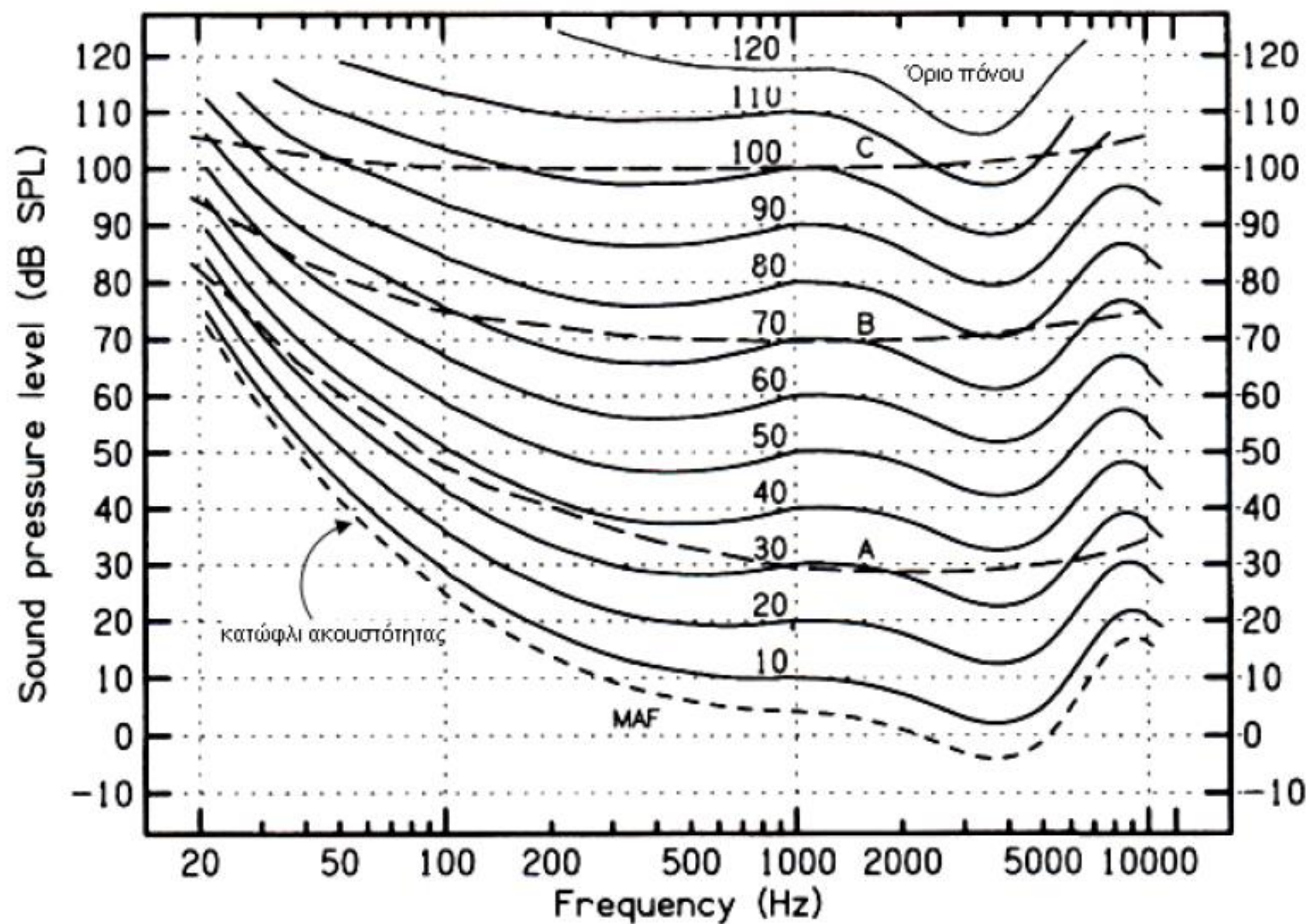


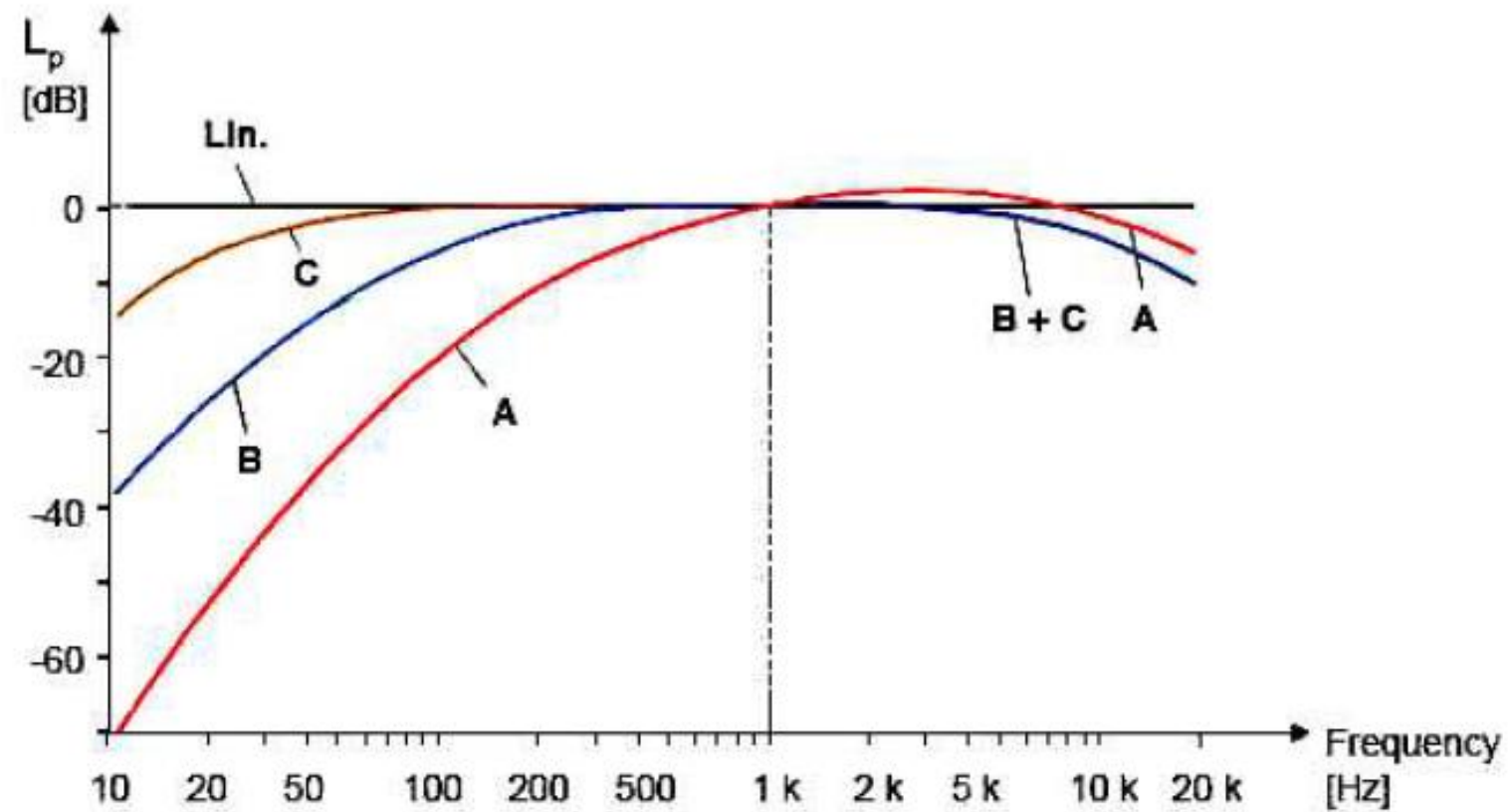
Figure 1.3.2 Typical sound pressure levels. (Source: Brüel & Kjær.)

Άσκηση

- Η στάθμη που βλέπαμε στο ηχόμετρο κατά τη μέτρηση του θορύβου μιας γεννήτριας ήτανε 78 dB SPL. Αν ο θόρυβος βάθους ήτανε 72 dB SPL, κάντε τη διόρθωση που απαιτείται λαμβάνοντας υπόψιν το θόρυβο βάθους.



Σχήμα 5. Καμπύλες ίσης ακουστότητας [3]



Σχήμα 7. Σταθμισμένα φίλτρα A, B και C [11]

Συχνότητα (Hz)	Συνάρτηση A	Συνάρτηση B	Συνάρτηση C
10	-70.4		
12.5	-63.4		
16	-56.7		
20	-50.5		
25	-44.7	-20.4	-4.4
31.5	-39.4	-17.1	-3
40	-34.6	-14.2	-2
50	-30.2	-11.6	-1.3
63	-26.2	-9.3	-0.8
80	-22.5	-7.4	-0.5
100	-19.1	-5.6	-0.3
125	-16.1	-4.2	-0.2
160	-13.4	-3	-0.1
200	-10.9	-2	0
250	-8.9	-1.3	0
315	-6.6	-0.8	0
400	-4.8	-0.5	0
500	-3.2	-0.3	0
630	-1.9	-0.1	0
800	-0.8	0	0
1000	0	0	0
1250	0.6	0	0
1600	1	0	-0.1
2000	1.2	-0.1	-0.2
2500	1.3	-0.2	-0.3
3150	1.2	-0.4	-0.5
4000	1	-0.7	-0.8
5000	0.5	-1.2	-1.3
6300	-0.1	-1.9	-2
8000	-1.1	-2.9	-3
10000	-2.5	-4.3	-4.4
12500	-4.3	-6.1	-6.2
16000	-6.6	-8.4	-8.5
20000	-9.3	-11.1	-11.2

Πίνακας 3. Τιμές συναρτήσεων βάρους A, B και C [7]

Ισοδύναμη στάθμη συνεχούς θορύβου

Είναι εκείνη η ηχοστάθμη ενός σταθερού θορύβου που για το χρονικό διάστημα της μέτρησης παρέχει τόση σταθμισμένη ηχητική ενέργεια όση και ο μεταβαλλόμενος πραγματικός θόρυβος.

Ισοδύναμη στάθμη συνεχούς θορύβου

Είναι εκείνη η ηχοστάθμη ενός σταθερού θορύβου που για το χρονικό διάστημα της μέτρησης παρέχει τόση σταθμισμένη ηχητική ενέργεια όση και ο μεταβαλλόμενος πραγματικός θόρυβος.

Example 1.3.11

The A-weighted sound pressure level at a given position in an industrial hall changes periodically between 84 dB in intervals of 15 minutes, 95 dB in intervals of 5 minutes and 71 dB in intervals of 20 minutes. From eq. (1.3.17) it follows that the equivalent sound pressure level over a working day is

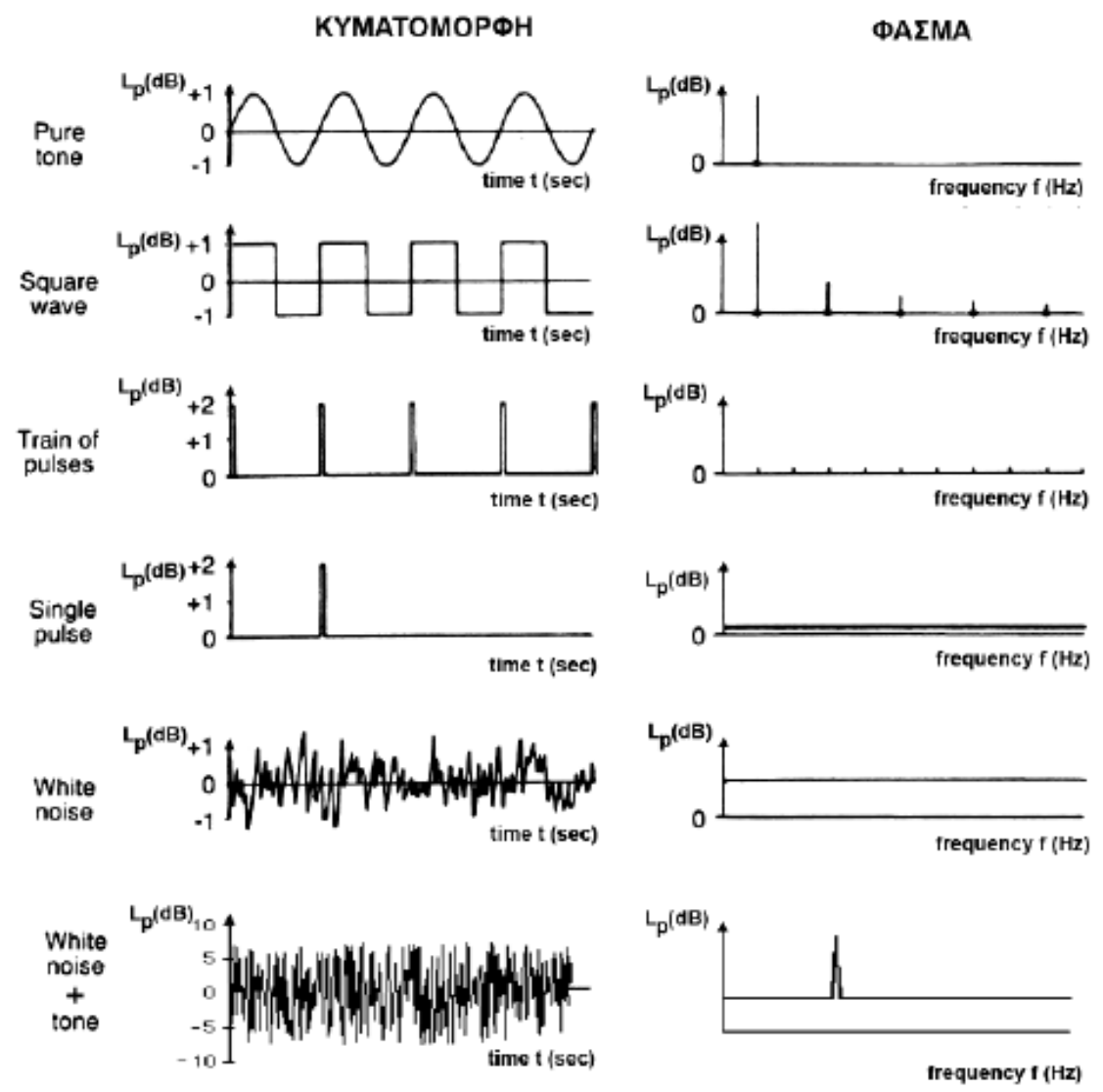
$$L_{Aeq} = 10 \log \left(\frac{15}{40} 10^{8.4} + \frac{5}{40} 10^{9.5} + \frac{20}{40} 10^{7.1} \right) = 87.0 \text{ dB.}$$

$L_{eq,A}^d, L_{eq,A}^e, L_{eq,A}^n$ και δείκτης LDEN

Φόρμουλα	Σχόλιο
$L_{eq,A}^d = 10 \log \left(\frac{1}{12} \sum_{\text{hour from 7AM to 7PM}} 10^{\frac{L_{eq,A}^{hour}}{10}} \right)$	Μέση τιμή της στάθμης του ήχου κατά τη μέρα, προκύπτει από 12 μέσες ωριαίες τιμές,
$L_{eq,A}^e = 10 \log \left(\frac{1}{4} \sum_{\text{hour from 7PM to 11PM}} 10^{\frac{L_{eq,A}^{hour}}{10}} \right)$	Μέση τιμή της στάθμης του ήχου το απόγευμα, προκύπτει από 4 μέσες ωριαίες τιμές
$L_{eq,A}^n = 10 \log \left(\frac{1}{8} \sum_{\text{hour from 11PM to 7AM}} 10^{\frac{L_{eq,A}^{hour}}{10}} \right)$	Μέση τιμή της στάθμης του ήχου τη νύχτα, προκύπτει από 8 μέσες ωριαίες τιμές

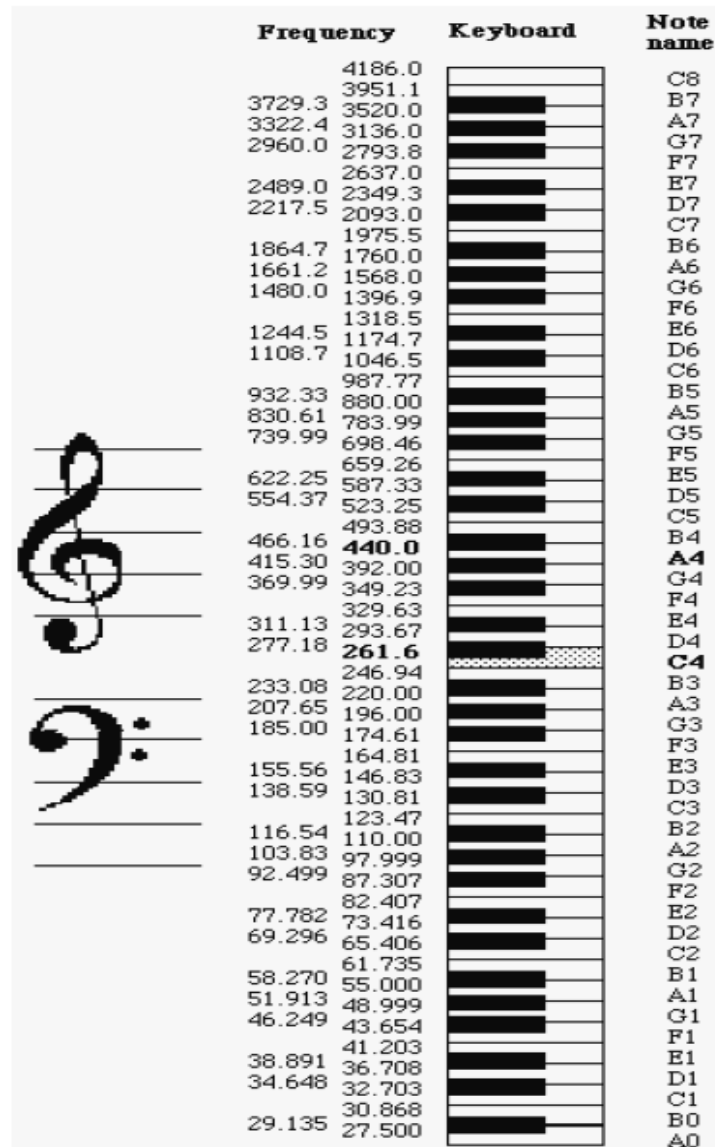
$$L_{DEN} = 10 \log \left[\frac{12}{24} 10^{0.1L_{eq,A}^d} + \frac{4}{24} 10^{(0.1L_{eq,A}^e+0.5)} + \frac{8}{24} 10^{(0.1L_{eq,A}^n+1)} \right]$$

Δίνει μια συνολική μέση τιμή για τη στάθμη του ήχου κατά τη διάρκεια της ημέρας όπως την αντιλαμβάνεται κάποιος μόνιμος κάτοικος.



Σχήμα 1. Τυπικά φάσματα [8]

Τονική αντίληψη του ήχου



Συχνοτικό εύρος της ακοής

Άνθρωπος	20 - 20.000
Σκύλος	15 - 50.000
Γάτα	60 - 65.000
Τζιτζίκας	100 - 15.000
Δελφίνι	150 - 150.000
Νυχτερίδα	1000 - 120.000

Πίνακας 2: Όρια ακουστών ήχων συγκριτικά με τον άνθρωπο. Η δεξιά στήλη του πίνακα είναι προφανώς τιμές συχνοτήτων σε Hz.

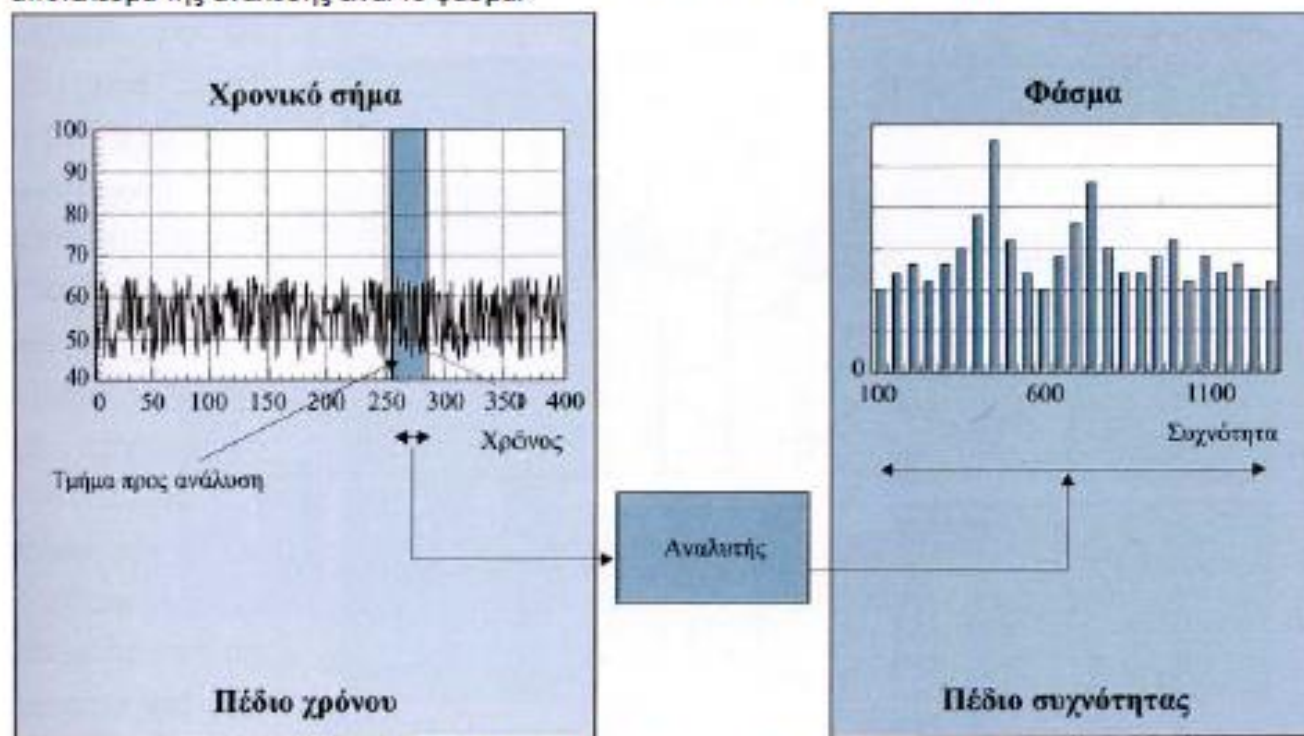
Συχνοτικές ζώνες

- Χαμηλά μπάσα: Εκτείνονται μέχρι τα 80 Hz.
- Χαμηλές μεσαίες: Από 250 έως 500 Hz.
- Μεσαίες: Από 500 έως 2000 Hz.
- Υψηλές μεσαίες: Από 2000 έως 5000 Hz.
- Υψηλές: Από 5000 έως 10000 Hz.
- Πολύ υψηλές: Από 10000 έως 20000 Hz.

Φασματικοί Αναλυτές

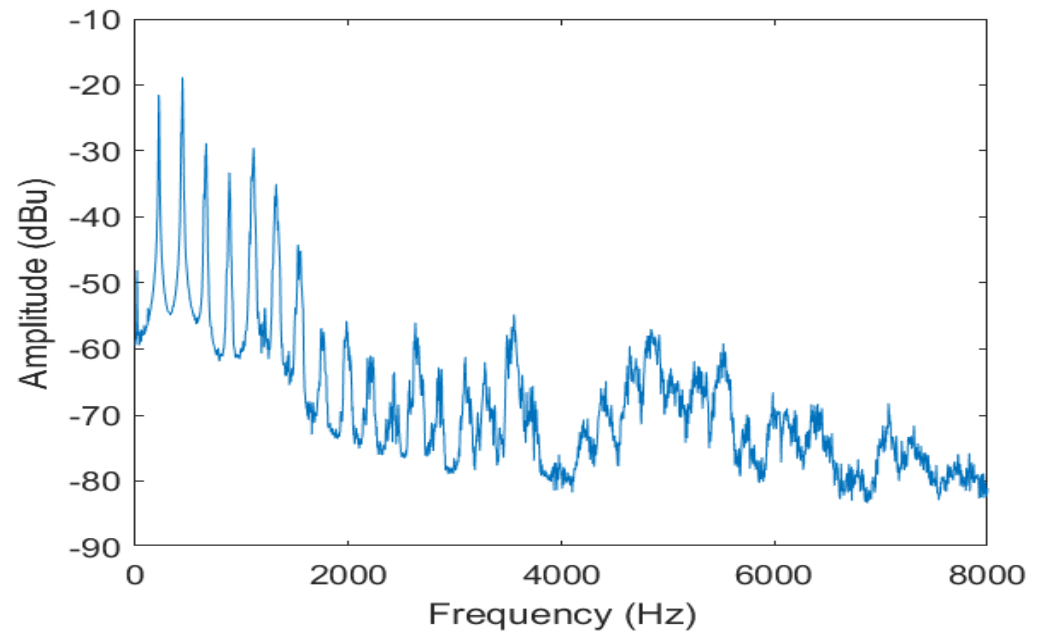
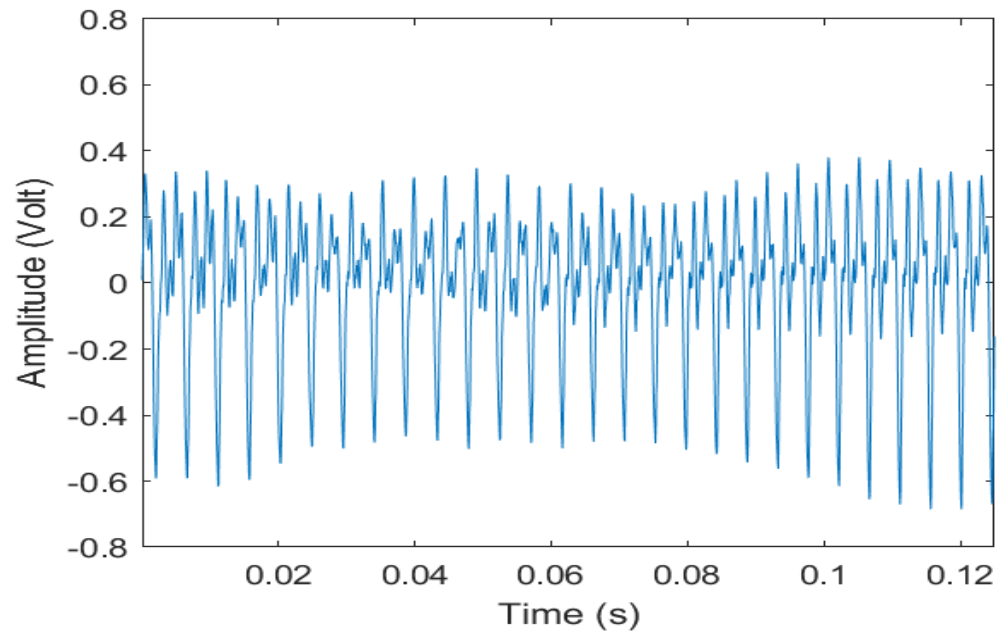
Το ηχόμετρο μας δίνει μία μόνο τιμή που χαρακτηρίζει ένα ευρύ συχνοτικό φάσμα (ακουστό). Για να αναδείξουμε τα μεμονωμένα συχνοτικά χαρακτηριστικά που το συνθέτουν πρέπει να αναλύσουμε το μετρούμενο κύμα στο πεδίο των συχνοτήτων.

Η διαδικασία της μεταφοράς από τη χρονική στη συχνοτική απεικόνιση του ηχητικού κύματος ονομάζεται φασματική ανάλυση του ήχου. Οι συσκευές με τις οποίες γίνεται λέγονται φασματικοί αναλυτές και το αποτέλεσμα της ανάλυσης είναι το φάσμα.

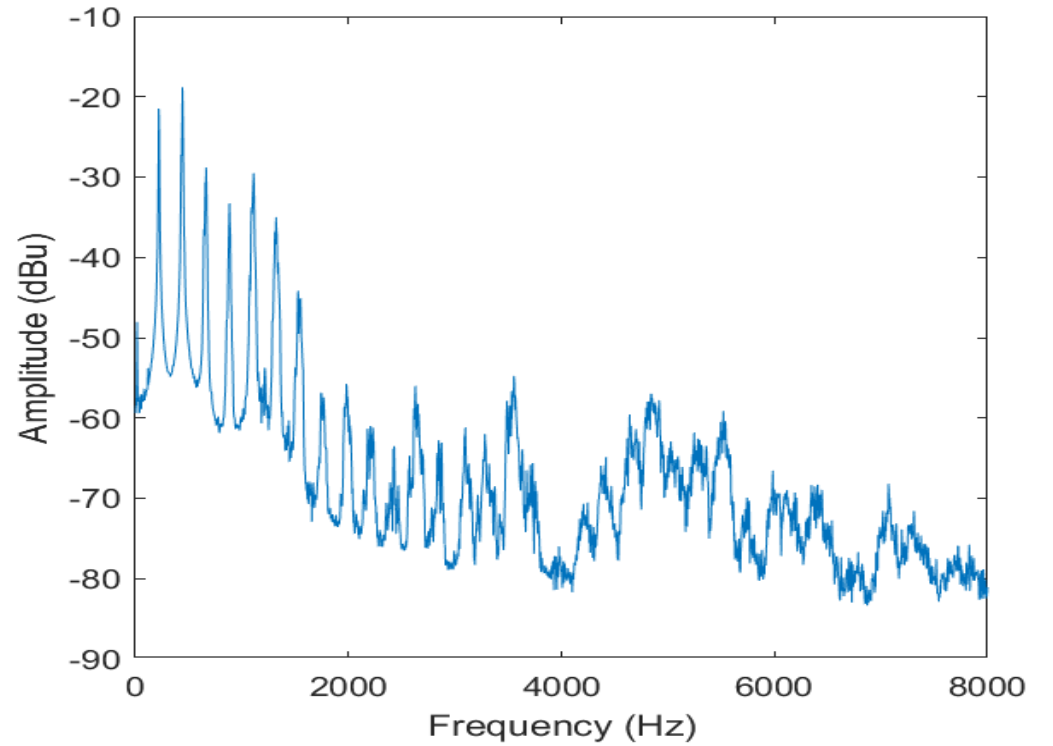
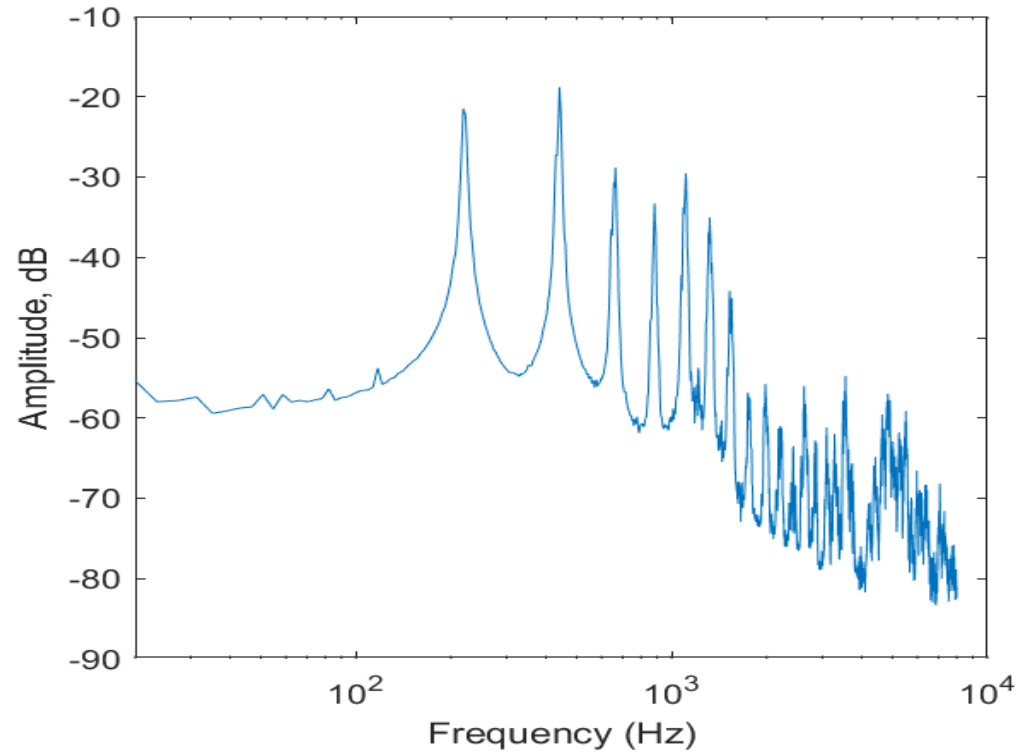


Σχήμα 2. Συχνοτική ανάλυση σήματος – φασματικός αναλυτής [8]

Διαγράμματα πλάτους-συχνότητας



Λογαριθμικός και γραμμικός άξονας συχνοτήτων



Πίνακας 2.4.1 Διάρθρωση συχνοτήτων σε οκτάβες κατά ISO και ΕΛΟΤ

Ζώνη (Band)	Συχνότητα (Hz)					
	Οκτάβες			Τριτοοκτάβες		
	f_1	f_c	f_2	f_1	f_c	f_2
12	11	16	22	14.1	16	17.8
13				17.8	20	22.4
14				22.4	25	28.2
15	22	31.5	44	28.2	31.5	35.5
16				35.5	40	44.7
17				44.7	50	56.2
18	44	63	88	56.2	63	70.8
19				70.8	80	89.1
20				89.1	100	112
21	88	125	177	112	125	141
22				141	160	178
23				178	200	224
24	177	250	355	224	250	282
25				282	315	355
26				355	400	447
27	355	500	710	447	500	562
28				562	630	708
29				708	800	891
30	710	1000	1420	891	1000	1122
31				1122	1250	1413
32				1413	1600	1778
33	1420	2000	2840	1778	2000	2239
34				2239	2500	2818
35				2818	3150	3548
36	2840	4000	5680	3548	4000	4467
37				4467	5000	5623
38				5623	6300	7079
39	5680	8000	11360	7079	8000	8913
40				8913	10000	11220
41				111220	12500	14130
42	11360	16000	22270	14130	16000	17780

Όπως προκύπτει από τον ορισμό οι συχνότητες κάθε ζώνης θα εξαρτώνται από τον ορισμό της χαμηλότερης συχνότητας της πρώτης ζώνης. Για να μην υπάρχει το πρόβλημα αυτό η εκλογή των ζωνών έχει τυποποιηθεί. Ο πίνακας (2.4.1) δίνει τις αντίστοιχες τυποποιήσεις των συχνοτήτων σε οκτάβες και τριτοοκτάβες κατά ISO και ΕΛΟΤ

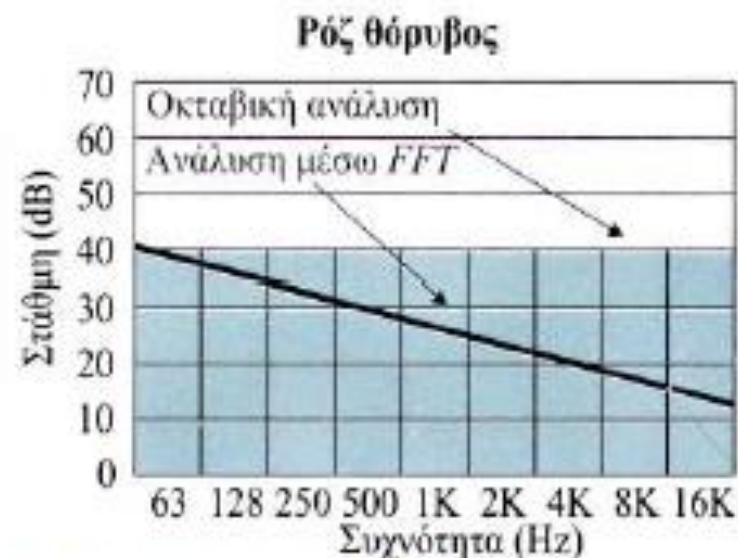
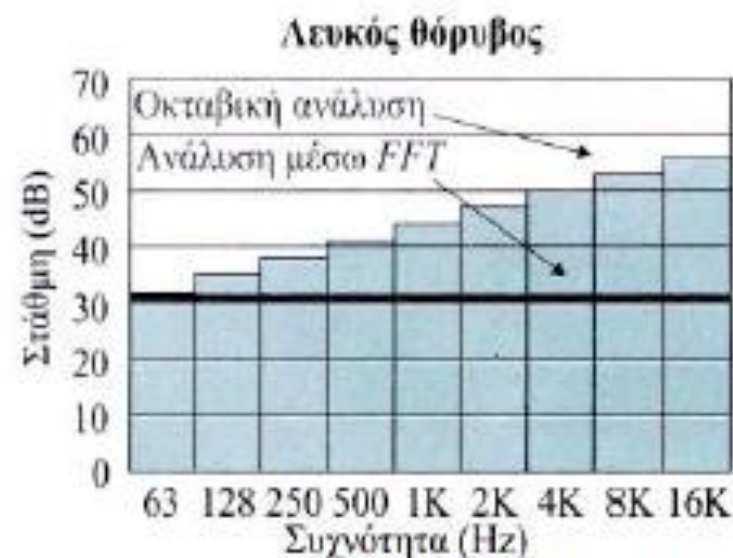
Επομένως έχουμε:

Σε ανάλυση σταθερού εύρους ζώνης / γραμμική κλίμακα:

- Λευκός θόρυβος: σταθερός
- Ροζ θόρυβος: -3 dB/oct

Σε ανάλυση σταθερού ποσοστιαίου εύρους ζώνης / λογαριθμική κλίμακα:

- Λευκός θόρυβος: $+3 \text{ dB/oct}$
- Ροζ θόρυβος: σταθερός



Σχήμα 17. Λευκός και Ροζ θόρυβος σε γραμμική και λογαριθμική κλίμακα [8]

Παράδειγμα:

- Η φασματική στάθμη λευκού θορύβου στη συχνότητα του 1 kHz είναι 50 dB. Να υπολογιστεί η ζωνική στάθμη πίεσης στην οκτάβα και τριτοκτάβα του 1 kHz.

Table 1.3.2 The response of standard A- and C-weighting filters in one-third octave bands.

Centre frequency (Hz)	A-weighting (dB)	C-weighting (dB)
20	-50.5	-6.2
25	-44.7	-4.4
31.5	-39.4	-3.0
40	-34.6	-2.0
50	-30.2	-1.3
63	-26.2	-0.8
80	-22.5	-0.5
100	-19.1	-0.3
125	-16.1	-0.2
160	-13.4	-0.1
200	-10.9	0.0
250	-8.6	0.0
315	-6.6	0.0
400	-4.8	0.0
500	-3.2	0.0
630	-1.9	0.0
800	-0.8	0.0
1000	0.0	0.0
1250	0.6	0.0
1600	1.0	-0.1
2000	1.2	-0.2
2500	1.3	-0.3
3150	1.2	-0.5
4000	1.0	-0.8
5000	0.5	-1.3
6300	-0.1	-2.0
8000	-1.1	-3.0
10000	-2.5	-4.4
12500	-4.3	-6.2
16000	-6.6	-8.5
20000	-9.3	-11.2

Example 1.3.10

A source gives rise to the following one-third octave band values of the sound pressure level at a certain point,

Centre frequency (Hz)	Sound pressure level (dB)
315	52
400	68
500	76
630	71
800	54

Εργασία 4: Επεξεργασία ακουστικών μετρήσεων

1. Λευκός θόρυβος έχει φασματική στάθμη πίεσης 40 dB. Να υπολογιστούν οι στάθμες ζώνης των οκτάβων με κεντρικές συχνότητες τα 100, 200, 500 Hz. Ομοίως για τις 1/3 οκτάβες με τις ίδιες κεντρικές συχνότητες.
2. Η ανάλυση του θορύβου μιας περιοχής με χρήση φίλτρων οκτάβας έδωσε για τις φασματικές στάθμες τα αποτελέσματα

f_0	63	125	250	500	1000	2000	4000
L_{pb}	78	68	78	71	81	76	76

Να υπολογιστεί η ολική ηχητική στάθμη σε dB και dB_A .

Υπόδειξη για την άσκηση 2 : Οι αποκλίσεις του A φίλτρου από το γραμμική απόκριση δίνονται στην τελευταία σελίδα του αρχείου.

3. Υπολογίστε τον δείκτη LDEN με βάση τις παρακάτω ωριαίες στάθμες (σε dB_A)

01	02	03	04	05	06	07	08	01	10	11	12
55.0	53.2	53.1	52.6	53.8	55.1	59.0	63.2	66.1	64.8	63.7	66.7
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	00
71.3	67.5	63.4	61.5	65.1	68.0	66.1	69.4	66.0	65.3	60.3	58.0

Table 1.3.2 The response of standard A- and C-weighting filters in one-third octave bands.

Centre frequency (Hz)	A-weighting (dB)	C-weighting (dB)
20	-50.5	-6.2
25	-44.7	-4.4
31.5	-39.4	-3.0
40	-34.6	-2.0
50	-30.2	-1.3
63	-26.2	-0.8
80	-22.5	-0.5
100	-19.1	-0.3
125	-16.1	-0.2
160	-13.4	-0.1
200	-10.9	0.0
250	-8.6	0.0
315	-6.6	0.0
400	-4.8	0.0
500	-3.2	0.0
630	-1.9	0.0
800	-0.8	0.0
1000	0.0	0.0
1250	0.6	0.0
1600	1.0	-0.1
2000	1.2	-0.2
2500	1.3	-0.3
3150	1.2	-0.5
4000	1.0	-0.8
5000	0.5	-1.3
6300	-0.1	-2.0
8000	-1.1	-3.0
10000	-2.5	-4.4
12500	-4.3	-6.2
16000	-6.6	-8.5
20000	-9.3	-11.2