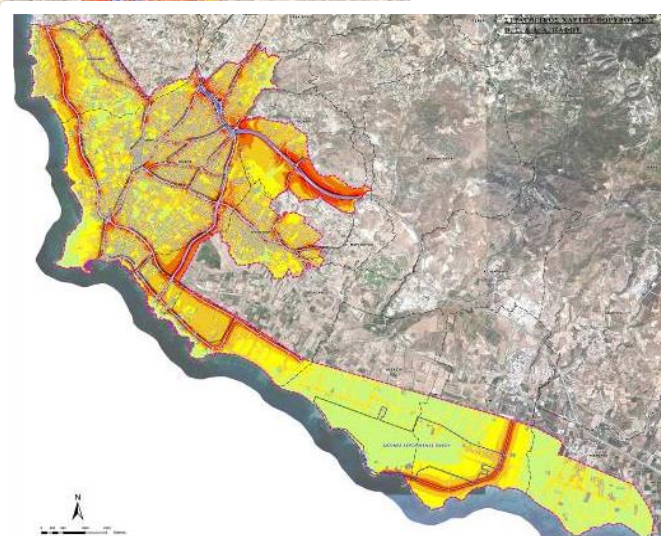
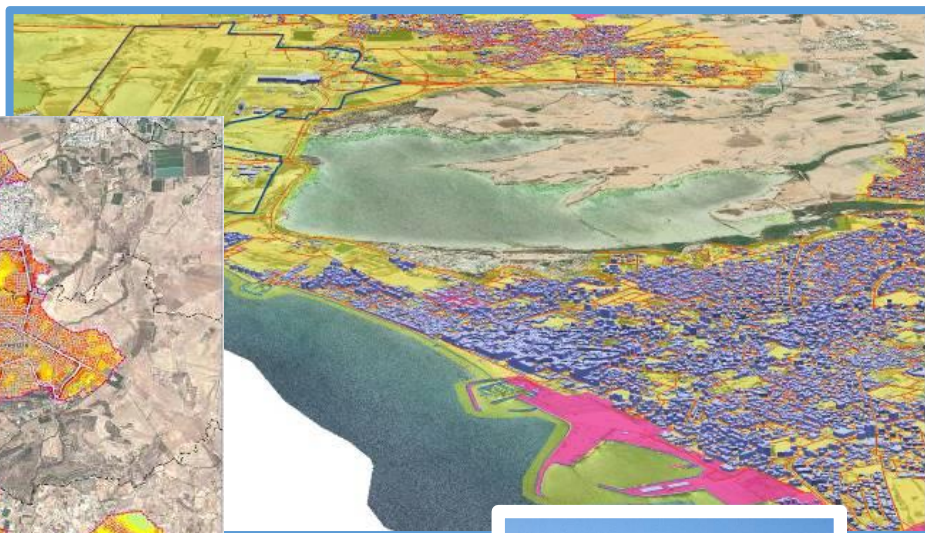
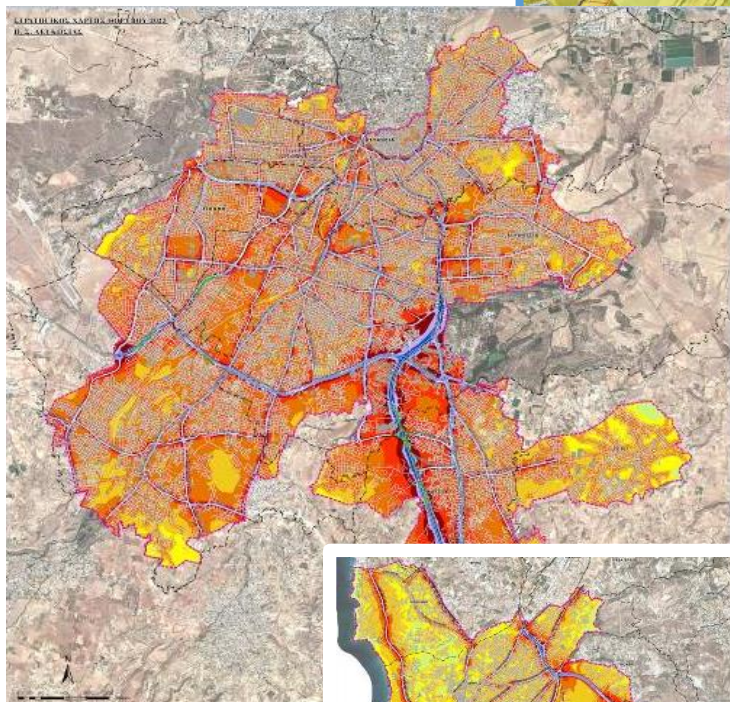


ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΟΔΙΚΟΥ, ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΥ & ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

Σε συμμόρφωση με την κατ' εξουσιοδότηση Οδηγία (ΕΕ) 2021/1226 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 21^{ης} Δεκεμβρίου 2020 και την Οδηγία(ΕΕ) 2020/367 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 4^{ης} Μαρτίου 2020



Καθ. Κων/νος ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ
Δρ.Πολ.Μηχανικός - Συγκοινωνιολόγος - Ακουστικός
Πεδίον Άρεως, 383 34 Βόλος, ☎(24210) 74170, Fax (24210) 74119,
email : kvogiatz@uth.gr

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2022

**ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ & ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟΥ ΟΔΙΚΟΥ, ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΥ & ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ**

Σε συμμόρφωση με την κατ' εξουσιοδότηση Οδηγία (ΕΕ) 2021/1226 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 21^{ης} Δεκεμβρίου 2020 και την Οδηγία(ΕΕ) 2020/367 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 4^{ης} Μαρτίου 2020

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΟΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ 2015/996, 2021/1226 & 2020/367
2. Ο ΟΔΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ (Ο.Κ.Θ.)
3. Ο ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ
4. Ο ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ
5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

1. ΟΙ ΕΥΡΩΠΑΪΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ 2015/996, 2021/1226 ΚΑΙ 2020/367

Σύμφωνα με τα προτεινόμενα στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 2002/49/ΕΚ οι δείκτες θορύβου χρησιμοποιούνται: για να καταρτιστούν οι χάρτες θορύβου, να εκπονηθούν και να αναθεωρηθούν οι κανονιστικές διατάξεις σχετικά με τη στρατηγική χαρτογράφηση του θορύβου, το σχεδιασμό μέτρων και την οριοθέτηση θορύβου. Ο δείκτης L_{den} (για τις ανάγκες της οδηγίας) έχει αποδεδειγμένη σχέση με τον βαθμό κοινής όχλησης θορύβου και ειδικότερα με το ποσοστό αντιδράσεων ισχυρής όχλησης (%HA) και προσδιορίζεται ως εξής:

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

Οι βασικές ώρες εκκίνησης και λήξης των τριών (3) χρονικών περιόδων αξιολόγησης είναι:

- 07:00 - 19:00** για την ημέρα (12 ώρες),
- 19:00 - 23:00** για το απόγευμα (4 ώρες), και
- 23:00 - 07:00** για την νύκτα (8 ώρες).

Το ύψος για μετρήσεις και αξιολογήσεις του L_{den} εξαρτάται από την εκάστοτε περίπτωση αλλά για τους σκοπούς της στρατηγικής χαρτογράφησης θορύβου είναι 4 μέτρα πάνω από το έδαφος και 2 μέτρα τουλάχιστον εμπροσθεν της πλέον εκτεθειμένης πρόσοψης. Σύμφωνα με το άρθρο 6 και το Παράρτημα II της Οδηγίας 2002/49/ΕΚ. Οι προσωρινές μέθοδοι υπολογισμού για τον προσδιορισμό των δεικτών L_{den} και L_{night} για τους θορύβους οδικής και σιδηροδρομικής κυκλοφορίας, συνιστώνται στα κράτη μέλη που δεν διαθέτουν κάποιες εθνικές μεθόδους υπολογισμού ή στα κράτη μέλη που επιθυμούν να περάσουν σε κάποια άλλη μέθοδο υπολογισμού.

Από το 2008, η Επιτροπή δρομολόγησε την ανάπτυξη του κοινού μεθοδολογικού πλαισίου αξιολόγησης του θορύβου μέσω του σχεδίου «Κοινό μεθοδολογικό πλαίσιο αξιολόγησης του θορύβου» (CNOSSOS-EU) από το Κοινό Κέντρο Ερευνών της. Το σχέδιο υλοποιήθηκε σε στενή συνεννόηση με την ειδική επιτροπή που συστάθηκε δυνάμει του άρθρου 18 της οδηγίας 2000/14/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και άλλων εμπειρογνομώνων από τα κράτη μέλη.

Τα αποτελέσματα δημοσιεύτηκαν στην έκθεση αναφοράς του JRC για το πρόγραμμα CNOSSOS-EU. Η νέα νομοθεσία είναι πλέον σε ισχύ. Η έκθεση της Ευρωπαϊκής Ένωσης περιγράφει αυτό το κοινό μεθοδολογικό πλαίσιο για τη στρατηγική χαρτογράφηση του θορύβου βάσει της **οδηγίας 2002/49/ΕΚ** για τον περιβαλλοντικό θόρυβο. Επίσης, περιγράφει τη διαδικασία και τους βασικούς παράγοντες που εμπλέκονται στην ανάπτυξη της μεθοδολογίας «CNOSSOS-EU». Η έκθεση κλείνει τη φάση ανάπτυξης της CNOSSOS (2010) και αντιπροσωπεύει την τεχνική βάση για την τροποποίηση του παραρτήματος II της οδηγίας, σε σχέση με το στάδιο της εκτέλεσης της (2012-2015). Ο πυρήνας του μεθοδολογικού πλαισίου «CNOSSOS-EU» αποτελείται από:

- ένα ποιοτικό πλαίσιο που περιγράφει τους στόχους και τις απαιτήσεις του «CNOSSOS-EU»,
- περιγραφή σιδηροδρομικής κυκλοφορίας, οδικής κυκλοφορίας, βιομηχανικού θορύβου ως πηγές εκπομπών και διάδοση ήχου,
- μεθοδολογία που επιλέγεται για την πρόβλεψη του θορύβου αεροσκαφών και της βάση δεδομένων επιδόσεων,
- μεθοδολογία για να αντιστοιχηθούν τα πληθυσμιακά δεδομένα στα σημεία των δεκτών και στις προσόψεις των κτιρίων.

Με την **Ευρωπαϊκή Οδηγία 2015/996** της 19^{ης} Μαΐου 2015, η Επιτροπή αντικατέστησε το Παράρτημα II της **Οδηγίας 2002/49/ΕΚ**, που παρουσίαζε ορισμένα συνιστώμενα μοντέλα υπολογισμού και καθορίζει πλέον κοινές μεθόδους αξιολόγησης για όλα τα κράτη-μέλη που πρέπει να εφαρμοστούν, δηλαδή την **νέα μεθοδολογία CNOSSOS-EU**, που είναι πλέον σε ισχύ για όλα τα

κράτη μέλη, έτσι ώστε να υπολογίζονται ενιαία και με τον ίδιο τρόπο οι δείκτες του περιβαλλοντικού θορύβου.

Η ανωτέρω Ευρωπαϊκή Οδηγία 2015/996 τροποποιήθηκε πρόσφατα με την κατ' εξουσιοδότηση Οδηγία (ΕΕ) 2021/1226 με σκοπό την προσαρμογή στην επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο, του παραρτήματος II της οδηγίας 2002/49/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά τις κοινές μεθόδους αξιολόγησης του θορύβου. Το Κυπριακό θεσμικό πλαίσιο εναρμονίστηκε σχετικά με την τροποποίηση των σχετικών Παραρτημάτων, σε συμμόρφωση με την κατ' εξουσιοδότηση Οδηγία (ΕΕ) 2021/1226 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 21ης Δεκεμβρίου 2020 «για την τροποποίηση, με σκοπό την προσαρμογή στην επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο, του παραρτήματος II της οδηγίας 2002/49/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά τις κοινές μεθόδους αξιολόγησης του θορύβου» και την Οδηγία (ΕΕ) 2020/367 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής της 4ης Μαρτίου 2020 «για την τροποποίηση του παραρτήματος III της οδηγίας 2002/49/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά τον καθορισμό μεθόδων αξιολόγησης των επιβλαβών επιδράσεων του περιβαλλοντικού θορύβου.

2. Ο ΟΔΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ (Ο.Κ.Θ.)

Σε ότι αφορά τον οδικό θόρυβο οι υπολογισμοί εκτελούνται σε οκταβικές ζώνες για τους θορύβους οδικής και σιδηροδρομικής κυκλοφορίας και τους βιομηχανικούς θορύβους, εκτός από την ηχητική ισχύ πηγών θορύβου σιδηροδρομικής κυκλοφορίας, για την οποία χρησιμοποιούνται τριτοκταβικές ζώνες. Για τους θορύβους οδικής και σιδηροδρομικής κυκλοφορίας και τους βιομηχανικούς θορύβους, με βάση αυτά τα αποτελέσματα οκταβικών ζωνών, η Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη για την περίοδο της ημέρας, του βραδιού και της νύχτας, όπως ορίζεται στο παράρτημα Ι και αναφέρεται στο άρθρο 5 της οδηγίας 2002/49/ΕΚ, υπολογίζεται με τη μέθοδο που περιγράφεται στις ενότητες 2.1.2, 2.2, 2.3, 2.4 και 2.5. Για την οδική και σιδηροδρομική κυκλοφορία σε πολεοδομικά συγκροτήματα, η Α-σταθμισμένη μακροπρόθεσμη μέση ηχοστάθμη καθορίζεται από τη συμβολή από τα οδικά και σιδηροδρομικά τμήματα, συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων οδικών και σιδηροδρομικών αξόνων.»

Παράμετροι θορύβου:

L_p	Στιγμιαία στάθμη ηχητικής πίεσης	[dB] (re. $2 \cdot 10^{-5}$ Pa)
$L_{Aeq,LT}$	Συνολική μακροπρόθεσμη ηχοστάθμη L_{Aeq} από όλες τις πηγές και πηγές εικόνας στο σημείο R	[dB] (re. $2 \cdot 10^{-5}$ Pa)
L_W	«Επιτόπια» στάθμη ηχητικής ισχύος μιας σημειακής πηγής (κινητής ή σταθερής)	[dB] (re. 10^{-12} W)
$L_{W,dir}$	Κατευθυντική «επιτόπια» στάθμη ηχητικής ισχύος για την i-οστή ζώνη συχνοτήτων	[dB] (re. 10^{-12} W)
$L_{W'}$	Μέση «επιτόπια» στάθμη ηχητικής ισχύος ανά μέτρο γραμμικής πηγής	[dB/m] (re. 10^{-12} W)

Άλλες φυσικές παράμετροι:

p	Πραγματική τιμή της στιγμιαίας ηχητικής πίεσης	[Pa]
p_0	Ηχητική πίεση αναφοράς = $2 \cdot 10^{-5}$ Pa	[Pa]
W_0	Ηχητική ισχύς αναφοράς = 10^{-12} W	[watt]

Οι πηγές θορύβου οδικής κυκλοφορίας καθορίζονται με συνδυασμό της εκπομπής θορύβου του καθενός από τα οχήματα που αποτελούν τη ροή της κυκλοφορίας. Τα οχήματα αυτά ομαδοποιούνται σε πέντε διακριτές κατηγορίες ανάλογα με τα χαρακτηριστικά εκπομπής θορύβου:

- Κατηγορία 1: Ελαφρά μηχανοκίνητα οχήματα
- Κατηγορία 2: Μεσαία Βαρέα οχήματα
- Κατηγορία 3: Βαρέα οχήματα
- Κατηγορία 4: Μηχανοκίνητα δίκυκλα
- Κατηγορία 5: Ανοικτή κατηγορία

Στην περίπτωση των μηχανοκίνητων δίκυκλων, καθορίζονται δύο διακριτές υποκατηγορίες για τα μοτοποδήλατα και τις μοτοσυκλέτες μεγαλύτερης ισχύος, δεδομένου ότι λειτουργούν με πολύ διαφορετικούς τρόπους οδήγησης και οι αριθμοί τους ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό. Χρησιμοποιούνται οι τέσσερις πρώτες κατηγορίες, ενώ η πέμπτη κατηγορία είναι προαιρετική. Προβλέπεται να απαιτηθεί ο καθορισμός πρόσθετης κατηγορίας για τα νέα οχήματα που ενδέχεται να αναπτυχθούν στο μέλλον, τα οποία δύνανται να διαφέρουν σημαντικά ως προς την εκπομπή θορύβου. Η κατηγορία αυτή θα μπορούσε να περιλαμβάνει, για παράδειγμα, τα ηλεκτρικά ή

υβριδικά οχήματα ή οχήματα που ίσως αναπτυχθούν στο μέλλον και τα οποία θα διαφέρουν αισθητά από εκείνα των κατηγοριών 1 έως 4. Οι λεπτομέρειες των διαφόρων κατηγοριών οχημάτων παρατίθενται στον πίνακα στη συνέχεια:

Κατηγορία	Ονομασία	Περιγραφή	Κατηγορία οχήματος στην έγκριση τύπου ΕΚ πλήρους οχήματος (*)
1	Ελαφρά μηχανοκίνητα οχήματα	Επιβατικά αυτοκίνητα, φορτηγά παραδόσεων $\leq 3,5$ τόνων, SUV (*), MPV (*), καθώς και ρυμουλκούμενα οχήματα και τροχόσπιτα	M1 και N1
2	Μεσαία βαρέα οχήματα	Μεσαία βαρέα οχήματα, φορτηγά παραδόσεων $> 3,5$ τόνων, λεωφορεία, αυτοκινούμενα τροχόσπιτα κ.λπ. με δύο άξονες και τοποθέτηση δίδυμου ελαστικού επισώτρου στον οπίσθιο άξονα	M2, M3 και N2, N3
3	Βαρέα οχήματα	Βαρέα επαγγελματικά οχήματα, τουριστικά αυτοκίνητα, λεωφορεία με τρεις ή περισσότερους άξονες	M2 και N2 με ρυμουλκούμενο, M3 και N3
4	Μηχανοκίνητα δίκυκλα	4α Δίκυκλα, τρίκυκλα και τετράκυκλα μοτοποδήλατα	L1, L2, L6
		4β Μοτοσικλότες με ή χωρίς πλευρικό κάνιστρο, τρίκυκλες και τετράκυκλες	L3, L4, L5, L7
5	Άνοικτη κατηγορία	Καθορίζονται ανάλογα με τις μελλοντικές ανάγκες	Δ/Υ

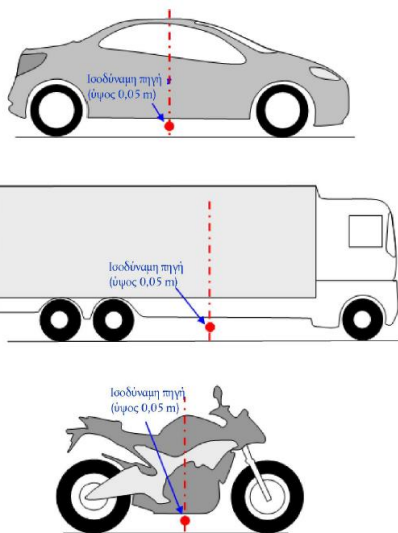
(*) Οδηγία 2007/46/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 5ης Σεπτεμβρίου 2007, για τη θέσπιση πλαισίου για την έγκριση των μηχανοκίνητων οχημάτων και των ρυμουλκούμενων τους, και των συστημάτων, κατασκευαστικών στοιχείων και χωριστών τεχνικών μονάδων που προορίζονται για τα οχήματα αυτά. (ΕΕ L 263 της 9.10.2007, σ. 1).

(*) Οχήματα ψυχαγωγίας/εργασίας.

(*) Οχήματα πολλαπλών χρήσεων.

Στο μοντέλο αυτό, κάθε όχημα (κατηγορία 1, 2, 3, 4 και 5) αναπαρίσταται από μία και μόνο σημειακή πηγή που ακτινοβολεί ομοίμορφα. Η πρώτη ανάκλαση πάνω στο οδόστρωμα αντιμετωπίζεται εμμέσως. Όπως απεικονίζεται στο σχήμα, η εν λόγω σημειακή πηγή τοποθετείται 0,05 m πάνω από το οδόστρωμα.

Θέση της ισοδύναμης σημειακής πηγής σε ελαφρά οχήματα (κατηγορία 1), βαρέα οχήματα (κατηγορίες 2 και 3) και δίκυκλα (κατηγορία 4)



Σχήμα 2.1

Η ροή της κυκλοφορίας αναπαρίσταται από γραμμική πηγή. Κατά τη μοντελοποίηση ενός δρόμου με πολλές λωρίδες κυκλοφορίας, κάθε λωρίδα πρέπει, στην ιδανική περίπτωση, να αναπαρίσταται από μια γραμμική πηγή τοποθετημένη στο κέντρο κάθε λωρίδας κυκλοφορίας. Ωστόσο, είναι επίσης αποδεκτή η μοντελοποίηση με τοποθέτηση μίας γραμμικής πηγής στο μέσο μιας οδού διπλής κατεύθυνσης ή μίας γραμμικής πηγής ανά οδόστρωμα στην εξωτερική λωρίδα οδών με πολλές λωρίδες κυκλοφορίας. Η εκπομπή θορύβου από τη ροή κυκλοφορίας αναπαρίσταται με μια γραμμική πηγή που χαρακτηρίζεται από την κατευθυντική ηχητική ισχύ της ανά μέτρο και ανά συχνότητα. Αυτή αντιστοιχεί στο άθροισμα των εκπομπών θορύβου των μεμονωμένων οχημάτων

της ροής κυκλοφορίας, λαμβανομένου υπόψη του χρόνου παραμονής των οχημάτων στο υπό εξέταση οδικό τμήμα. Η υλοποίηση μεμονωμένου οχήματος εντός της ροής απαιτεί την εφαρμογή ενός μοντέλου ροής κυκλοφορίας. Εάν θεωρήσουμε σταθερή ροή κυκλοφορίας Q_m οχημάτων της κατηγορίας m ανά ώρα, με μέση ταχύτητα v_m (σε km/h), η κατευθυντική ηχητική ισχύς ανά μέτρο στη ζώνη συχνοτήτων i της γραμμικής πηγής $L_{W,eq,line,i,m}$ ορίζεται ως εξής:

$$L_{W,eq,line,i,m} = L_{W,i,m} + 10 \times \lg\left(\frac{Q_m}{1000 \times v_m}\right)$$

όπου $L_{W,i,m}$ είναι η κατευθυντική ηχητική ισχύς ενός μεμονωμένου οχήματος. Η $L_{W,m}$ εκφράζεται σε dB (re. 10^{-12} W/m). Αυτές οι στάθμες ηχητικής ισχύος υπολογίζονται για κάθε οκταβική ζώνη i από 125 Hz έως 4 kHz. Τα δεδομένα ροής κυκλοφορίας Q_m εκφράζονται ως ετήσιος μέσος όρος ανά ώρα, ανά χρονική περίοδο (ημέρα-βράδυ- νύχτα), ανά κατηγορία οχήματος και ανά γραμμική πηγή. Για όλες τις κατηγορίες, χρησιμοποιούνται δεδομένα εισόδου ροής κυκλοφορίας που αντλούνται από μετρήσεις της κυκλοφορίας και από κυκλοφοριακά μοντέλα. Η ταχύτητα v_m είναι η αντιπροσωπευτική ταχύτητα ανά κατηγορία οχήματος: στις περισσότερες περιπτώσεις είναι η χαμηλότερη ταχύτητα εκ των εξής δύο: της μέγιστης νόμιμης ταχύτητας για το υπό εξέταση τμήμα της οδού και της μέγιστης νόμιμης ταχύτητας για την υπό εξέταση κατηγορία του οχήματος. Στη ροή της κυκλοφορίας, θεωρούμε ότι όλα τα οχήματα της κατηγορίας M κινούνται με την ίδια ταχύτητα, δηλαδή v_m .

Η μοντελοποίηση οδικού οχήματος γίνεται μέσω ενός συνόλου μαθηματικών εξισώσεων που αναπαριστούν τις δύο κύριες πηγές θορύβου :

- Θόρυβος κύλισης λόγω της αλληλεπίδρασης ελαστικών επισώτρων/οδοστρώματος.
- Θόρυβος των συστημάτων προώθησης που παράγεται από το σύστημα κίνησης (κινητήρας, εξάτμιση κ.λπ.) του οχήματος.

Ο αεροδυναμικός θόρυβος έχει ενσωματωθεί στην πηγή του θορύβου κύλισης.

Για ελαφρά, μεσαία και βαρέα μηχανοκίνητα οχήματα (κατηγορίες 1, 2 και 3), η συνολική ηχητική ισχύς αντιστοιχεί στο ενεργητικό άθροισμα του θορύβου κύλισης και του θορύβου των συστημάτων προώθησης. Συνεπώς, η συνολική στάθμη ηχητικής ισχύος των γραμμικών πηγών $m = 1, 2$ ή 3 ορίζεται ως εξής:

$$L_{W,i,m}(v_m) = 10 \times \lg(10^{L_{WR,i,m}(v_m)/10} + 10^{L_{WP,i,m}(v_m)/10})$$

όπου $L_{WR,i,m}$ είναι η στάθμη ηχητικής ισχύος του θορύβου κύλισης και $L_{WP,i,m}$ είναι η στάθμη ηχητικής ισχύος του θορύβου των συστημάτων προώθησης. Αυτό ισχύει για όλες τις κλίμακες ταχύτητας. Για ταχύτητες κάτω των 20 km/h ισχύει η ίδια στάθμη ηχητικής ισχύος που ορίζεται με τον τύπο για $v_m = 20$ km/h. Για δίκυκλα (κατηγορία 4), εξετάζεται μόνο ο θόρυβος των συστημάτων προώθησης για την πηγή:

$$L_{W,i,m=4}(v_m=4) = L_{WP,i,m=4}(v_m=4)$$

Αυτό ισχύει για όλες τις κλίμακες ταχύτητας. Για ταχύτητες κάτω των 20 km/h ισχύει η ίδια στάθμη ηχητικής ισχύος που ορίζεται με τον τύπο για $v_m = 20$ km/h.

Οι εξισώσεις και οι συντελεστές της πηγής ισχύουν για τις εξής συνθήκες αναφοράς:

- σταθερή ταχύτητα οχήματος
- επίπεδη οδό
- θερμοκρασία αέρα $t_{ref} = 20$ °C
- εικονικό οδόστρωμα αναφοράς, αποτελούμενο από μέσο μείγμα πυκνού ασφαλτικού σκυροδέματος 0/11 και σκυρομαστιχικής ασφάλτου 0/11, ηλικίας μεταξύ 2 και 7 ετών, που βρίσκεται σε αντιπροσωπευτική κατάσταση συντήρησης
- ξηρό οδόστρωμα

- χωρίς ελαστικά επίσωτρα με καρφιά

Η στάθμη ηχητικής ισχύος του θορύβου κύλισης στη ζώνη συχνοτήτων i για όχημα κατηγορίας $M = 1, 2$ ή 3 ορίζεται ως εξής:

$$L_{WR,i,m} = A_{R,i,m} + B_{R,i,m} \times \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right) + \Delta L_{WR,i,m}$$

Οι συντελεστές $A_{R,i,m}$ και $B_{R,i,m}$ δίνονται σε οκταβικές ζώνες για κάθε κατηγορία οχημάτων και για ταχύτητα αναφοράς $v_{ref} = 70$ km/h. Η $\Delta L_{WR,i,m}$ αντιστοιχεί στο άθροισμα των συντελεστών διόρθωσης που εφαρμόζονται για τις εκπομπές θορύβου κύλισης για ειδικές συνθήκες της οδού ή του οχήματος που παρεκκλίνουν από τις συνθήκες αναφοράς:

$$\Delta L_{WR,i,m} = \Delta L_{WR,road,i,m} + \Delta L_{studdedtyres,i,m} + \Delta L_{WR,acc,i,m} + \Delta L_{W,temp}$$

- Η $\Delta L_{WR,road,i,m}$ αντιπροσωπεύει την επίδραση που ασκεί στον θόρυβο κύλισης το οδόστρωμα με ακουστικές ιδιότητες διαφορετικές από εκείνες του εικονικού οδοστρώματος αναφοράς. Περιλαμβάνει την επίδραση τόσο στη διάδοση όσο και στη δημιουργία του ήχου.
- Η $\Delta L_{studdedtyres,i,m}$ είναι ένας συντελεστής διόρθωσης που αντιπροσωπεύει τον υψηλότερο θόρυβο κύλισης των ελαφρών οχημάτων που είναι εξοπλισμένα με ελαστικά με καρφιά.
- Η $\Delta L_{WR,acc,i,m}$ αντιπροσωπεύει την επίδραση που ασκεί μια διασταύρωση με φωτεινούς σηματοδότες ή κυκλικό κόμβο στον θόρυβο κύλισης. Ενσωματώνει την επίδραση που έχει η διακύμανση ταχύτητας στον θόρυβο.
- Η $\Delta L_{W,temp}$ είναι μια διόρθωση για μέση θερμοκρασία τ διαφορετική από τη θερμοκρασία αναφοράς $\tau_{ref} = 20$ °C.

Η θερμοκρασία του αέρα επηρεάζει τις εκπομπές θορύβου κύλισης : η στάθμη ηχητικής ισχύος του θορύβου κύλισης μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα. Η επίδραση αυτή λαμβάνεται υπόψη στη διόρθωση οδοστρώματος. Οι διορθώσεις οδοστρώματος συνήθως αξιολογούνται σε θερμοκρασία αέρα $\tau_{ref} = 20$ °C. Σε περίπτωση διαφορετικής μέσης ετήσιας θερμοκρασίας αέρα °C, ο θόρυβος οδοστρώματος διορθώνεται ως εξής:

$$\Delta L_{W,temp,m}(\tau) = K_m \times (\tau_{ref} - \tau)$$

Η διόρθωση για τον θόρυβο είναι θετική (δηλαδή αυξάνεται ο θόρυβος) σε θερμοκρασίες κάτω από 20 °C και αρνητική (δηλαδή μειώνεται ο θόρυβος) σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Ο συντελεστής K εξαρτάται από το οδόστρωμα και τα χαρακτηριστικά των ελαστικών επισωτρων και, ως ένα βαθμό, και από τη συχνότητα. Εφαρμόζεται γενικός συντελεστής $K_{m=1} = 0,08$ dB/°C για ελαφρά οχήματα (κατηγορίας 1) και $K_{m=2} = K_{m=3} = 0,04$ dB/°C για βαρέα οχήματα (κατηγοριών 2 και 3) για όλα τα οδοστρώματα. Ο συντελεστής διόρθωσης εφαρμόζεται εξίσου σε όλες τις οκταβικές ζώνες από 63 έως 8000 Hz.

Θόρυβος συστημάτων προώθησης: Ο θόρυβος των συστημάτων προώθησης περιλαμβάνει όλους τους θορύβους που παράγουν ο κινητήρας, η εξάτμιση, τα συστήματα οδοντωτών τροχών, η εισαγωγή αέρα κ.λπ. Η στάθμη ηχητικής ισχύος του θορύβου των συστημάτων προώθησης στη ζώνη συχνοτήτων i για όχημα κατηγορίας m ορίζεται ως εξής:

$$L_{WP,i,m} = A_{P,i,m} + B_{P,i,m} \times \frac{(v_m - v_{ref})}{v_{ref}} + \Delta L_{WP,i,m}$$

Όπου i συντελεστές $A_{P,i,m}$ και $B_{P,i,m}$ δίνονται σε οκταβικές ζώνες για κάθε κατηγορία οχημάτων και για ταχύτητα αναφοράς $v_{ref} = 70$ km/h.

Η κλίση της οδού επιδρά με δύο τρόπους στις εκπομπές θορύβου του οχήματος: πρώτον, επηρεάζει την ταχύτητα του οχήματος και, ως εκ τούτου, τις εκπομπές του θορύβου κύλισης και του θορύβου των συστημάτων προώθησης του οχήματος και, δεύτερον, επηρεάζει τόσο το φορτίο όσο και την ταχύτητα του κινητήρα μέσω της επιλογής ταχύτητας και, ως εκ τούτου, τις εκπομπές του θορύβου των συστημάτων προώθησης του οχήματος. Εξετάζονται μόνον οι επιπτώσεις επί του

θορύβου των συστημάτων προώθησης, όπου η ταχύτητα θεωρείται σταθερή. Η επίδραση της κλίσης της οδού στον θόρυβο των συστημάτων προώθησης λαμβάνεται υπόψη με διόρθωση $\Delta L_{WP,grad,m}$ που αποτελεί συνάρτηση της κλίσης s (σε %), της ταχύτητας του οχήματος v_m (σε km/h) και της κατηγορίας του οχήματος m . Στην περίπτωση ροής κυκλοφορίας δύο κατευθύνσεων, είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός της ροής σε δύο συνιστώσες και η διόρθωση κατά το ήμισυ σε ανηφόρα και κατά το ήμισυ σε κατηφόρα.

Επίδραση της επιτάχυνσης και επιβράδυνσης των οχημάτων : Πριν και μετά τις διασταυρώσεις με φωτεινούς σηματοδότες και κυκλικούς κόμβους, εφαρμόζεται διόρθωση για την επίδραση της επιτάχυνσης και επιβράδυνσης, όπως περιγράφεται κατωτέρω. Οι διορθώσεις για τον θόρυβο κύλισης, $\Delta L_{WR,acc,m,k}$, και για τον θόρυβο των συστημάτων προώθησης, $\Delta L_{WP,acc,m,k}$, αποτελούν γραμμικές συναρτήσεις της απόστασης x (σε m) της σημειακής πηγής από το πλησιέστερο σημείο τομής της αντίστοιχης γραμμικής πηγής με άλλη γραμμική πηγή.

Επίδραση του είδους του οδοστρώματος: Η διόρθωση οδοστρώματος για τις εκπομπές θορύβου κύλισης δίνεται ως εξής:

$$\Delta L_{WR,road,i,m} = \alpha_{i,m} + \beta_m \times \lg\left(\frac{v_m}{v_{ref}}\right)$$

όπου:

$\alpha_{i,m}$ είναι η φασματική διόρθωση σε dB στην ταχύτητα αναφοράς v_{ref} για την κατηγορία m (1, 2 ή 3) και ζώνη φάσματος i .

β_m είναι η επίδραση της ταχύτητας στη μείωση του θορύβου κύλισης για την κατηγορία m (1, 2 ή 3) και είναι ίδια για όλες τις ζώνες συχνοτήτων

Η διόρθωση οδοστρώματος για τις εκπομπές θορύβου των συστημάτων προώθησης δίνεται στην συνέχεια. Τα απορροφητικά οδοστρώματα μειώνουν τον θόρυβο των συστημάτων προώθησης, ενώ τα μη απορροφητικά οδοστρώματα δεν τον αυξάνουν.

$$\Delta L_{WP,road,i,m} = \min\{\alpha_{i,m}, 0\}$$

Η επίδραση της ηλικίας στις ιδιότητες του θορύβου οδοστρώματος: Τα χαρακτηριστικά θορύβου των οδοστρωμάτων ποικίλλουν ανάλογα με την ηλικία και το επίπεδο συντήρησης, παρουσιάζοντας αυξητική τάση ως προς τον θόρυβο με την πάροδο του χρόνου. Στην παρούσα μέθοδο, οι παράμετροι του οδοστρώματος που χρησιμοποιούνται είναι αντιπροσωπευτικές των ακουστικών επιδόσεων του μέσου τύπου οδοστρώματος κατά τη διάρκεια της αντιπροσωπευτικής διάρκειας ζωής του και θεωρώντας ότι γίνεται ορθή συντήρηση.

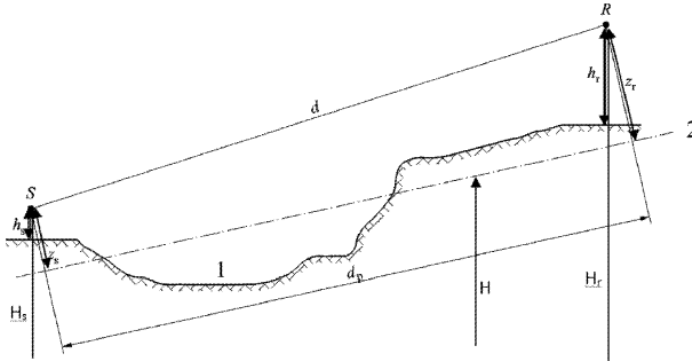
Υπολογισμός της διάδοσης του θορύβου για οδικές πηγές

Η μέθοδος CNOSSOS_EU εξασφαλίζει τον υπολογισμό της εξασθένησης του θορύβου κατά τη διάδοση σε εξωτερικούς χώρους, με βάση τα χαρακτηριστικά της πηγής, και τελικά τη στάθμη της ισοδύναμης συνεχούς ηχητικής πίεσης στο σημείο του δέκτη.

Γεωμετρικοί παράγοντες: Οι πραγματικές πηγές περιγράφονται όταν πρόκειται για την οδική κυκλοφορία, με ασυνάρτητες γραμμικές πηγές (κατάτμηση πηγής). Με τη μέθοδο διάδοσης θεωρούμε ότι οι γραμμικές ή επιφανειακές πηγές έχουν προηγουμένως κατατμηθεί προκειμένου να αναπαρασταθούν από μια σειρά ισοδύναμων σημειακών πηγών. Η μέθοδος λειτουργεί σε γεωμετρικό μοντέλο που αποτελείται από μια σειρά συνδεδεμένων επιφανειών εδάφους και εμποδίων. Χρησιμοποιείται κάθετη διαδρομή διάδοσης σε ένα ή περισσότερα κάθετα επίπεδα σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο. Σημαντικά ύψη πάνω από το έδαφος.

Τα ισοδύναμα ύψη λαμβάνονται από το μέσο επίπεδο του εδάφους μεταξύ της πηγής και του δέκτη. Το ύψος αυτό αντικαθιστά το πραγματικό έδαφος με ένα πλασματικό επίπεδο που αναπαριστά τη μέση μορφολογία του εδάφους.

Το ισοδύναμο ύψος ενός σημείου είναι το ορθογώνιο ύψος του σε σχέση με το μέσο επίπεδο του εδάφους. Επομένως, μπορούν να καθοριστούν το ισοδύναμο ύψος της πηγής z_s και το ισοδύναμο ύψος του δέκτη z_r . Η απόσταση μεταξύ της πηγής και του δέκτη σε προβολή πάνω στο μέσο επίπεδο του εδάφους συμβολίζεται με τα γράμματα d_p .



Σχήμα 2.2. Ισοδύναμο ύψη σε σχέση με το έδαφος

1: Πραγματικό ανάγλυφο

2: Μέσο επίπεδο

Ατμοσφαιρικές συνθήκες: Ορισμοί ευνοϊκών και ομοιογενών συνθηκών ως ακολούθως:

- **Ομοιογενείς συνθήκες** ως προς τη διάδοση (conditions homogenes): Σύνολο ατμοσφαιρικών συνθηκών που οδηγούν σε μια ατμόσφαιρα ομοιογενή όσον αφορά τη διάδοση του ήχου με αποτέλεσμα η ακουστική ενέργεια να διαδίδεται σε ευθεία γραμμή.
- **Ευνοϊκές συνθήκες** ως προς τη διάδοση (conditions favorables): Σύνολο ατμοσφαιρικών συνθηκών που παράγουν μια (επανα)κάθοδο της ακουστικής ενέργειας προς το έδαφος και οδηγούν σε ηχητικές στάθμες στο δέκτη ανώτερες από αυτές που παρατηρούνται σε ομοιογενείς συνθήκες.
- **Μη ευνοϊκές συνθήκες** προς τη διάδοση (conditions defavorables): Σύνολο ατμοσφαιρικών συνθηκών που έχουν σαν αποτέλεσμα μια επάνοδο της ακουστικής ενέργειας προς τα άνω και οδηγούν σε ηχητικές στάθμες στον δέκτη κατώτερες από αυτές που παρατηρούνται σε ομοιογενείς συνθήκες.

Η διακύμανση της ηχητικής στάθμης σε μεγάλη απόσταση οφείλεται στο φαινόμενο της διάθλασης των ακουστικών κυμάτων, η οποία οφείλεται στην ποικιλία της ταχύτητας του ήχου στη ζώνη διάδοσης που προκαλείται από τις διαφοροποιήσεις της θερμοκρασίας του αέρα και της ταχύτητας του ανέμου. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα του ανέμου είναι:

- **Θερμικοί παράγοντες:** Οι θερμικές εναλλαγές ανάμεσα στο έδαφος και τα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας οδηγούν σε ποικιλία θερμοκρασιών του αέρα σε σχέση με το ύψος πάνω από το έδαφος και άρα σε ποικιλία της ταχύτητας του ήχου.
- **Αεροδυναμικοί παράγοντες:** Η επίδραση του ανέμου στην ηχητική διάδοση είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη διαδρομή του ήχου σε μικρή απόσταση από το έδαφος, διότι ο ήχος κοντά στην εδαφική επιφάνεια κινείται με πολύ μικρότερη ταχύτητα λόγω τριβής.

Το Γενικό Μοντέλο Διάδοσης του Οδικού Θορύβου

Για δέκτη ελέγχου R οι υπολογισμοί γίνονται σύμφωνα με τα εξής βήματα:

A. Σε κάθε διαδρομή διάδοσης:

- υπολογισμός της εξασθένησης υπό ευνοϊκές συνθήκες,
- υπολογισμός της εξασθένησης υπό ομοιογενείς συνθήκες,
- υπολογισμός της μακροπρόθεσμης ηχοστάθμης για κάθε διαδρομή.

- B. Σώρευση των μακροπρόθεσμων ηχοσταθμών για όλες τις διαδρομές που επηρεάζουν έναν συγκεκριμένο δέκτη, επιτρέποντας έτσι τον υπολογισμό της συνολικής ηχοστάθμης στο σημείο του δέκτη. Πρέπει να σημειωθεί ότι **μόνον οι εξασθενήσεις που οφείλονται στην επίδραση του εδάφους (A_{ground}) και στην περίθλαση (A_{dif}) επηρεάζονται από τις μετεωρολογικές συνθήκες.**

Για σημειακή πηγή S κατευθυντικής ηχητικής ισχύος $L_{w,0,dir}$ και για δεδομένη ζώνη συχνοτήτων, η στάθμη της ισοδύναμης συνεχούς ηχητικής πίεσης σε σημείο δέκτη R υπό δεδομένες ατμοσφαιρικές συνθήκες προσεγγίζεται:

$$L_F = L_{W,0,dir} - A_F$$

- ✓ **Ηχοστάθμη υπό ευνοϊκές συνθήκες (L_F) για μια διαδρομή (S,R):**

Ο όρος A_F αναπαριστά τη συνολική εξασθένιση κατά μήκος της διαδρομής διάδοσης υπό ευνοϊκές συνθήκες και αναλύεται ως εξής:

όπου:

A_{div} είναι η εξασθένιση που οφείλεται στη γεωμετρική απόκλιση

A_{atm} είναι η εξασθένιση που οφείλεται στην ατμοσφαιρική απορρόφηση

$A_{boundary,F}$ είναι η εξασθένιση που οφείλεται στο όριο του μέσου διάδοσης υπό ευνοϊκές συνθήκες· μπορεί να περιέχει τους εξής όρους:

$A_{ground,F}$ δηλαδή την εξασθένιση που οφείλεται στο έδαφος υπό ευνοϊκές συνθήκες·

$A_{dif,F}$ δηλαδή την εξασθένιση που οφείλεται στη περίθλαση υπό ευνοϊκές συνθήκες.

$$A_F = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,F}$$

- ✓ **Ηχοστάθμη υπό ομοιογενείς συνθήκες (L_H) για διαδρομή (S,R):**

Ο όρος A_H αναπαριστά τη συνολική εξασθένιση κατά μήκος της διαδρομής διάδοσης υπό ομοιογενείς συνθήκες και αναλύεται ως εξής:

όπου:

A_{div} είναι η εξασθένιση που οφείλεται στη γεωμετρική απόκλιση

A_{atm} είναι η εξασθένιση που οφείλεται στην ατμοσφαιρική απορρόφηση

$A_{boundary,H}$ είναι η εξασθένιση που οφείλεται στο όριο του μέσου διάδοσης υπό ομοιογενείς συνθήκες· μπορεί να περιέχει τους εξής όρους:

$A_{ground,H}$ δηλαδή την εξασθένιση που οφείλεται στο έδαφος υπό ομοιογενείς συνθήκες·

$A_{dif,H}$ δηλαδή την εξασθένιση που οφείλεται στη περίθλαση υπό ομοιογενείς συνθήκες.

$$L_H = L_{W,0,dir} - A_H$$

$$A_H = A_{div} + A_{atm} + A_{boundary,H}$$

- ✓ **Μακροπρόθεσμη ηχοστάθμη για μια διαδρομή (S,R):** Η «μακροπρόθεσμη» ηχοστάθμη κατά μήκος μιας διαδρομής που ξεκινά από μια δεδομένη σημειακή πηγή λαμβάνεται από το λογαριθμικό άθροισμα της σταθμισμένης ηχητικής ενέργειας υπό ομοιογενείς συνθήκες και της ηχητικής ενέργειας υπό ευνοϊκές συνθήκες. Οι εν λόγω ηχοστάθμες σταθμίζονται βάσει της μέσης εμφάνισης p ευνοϊκών συνθηκών προς την κατεύθυνση της διαδρομής (S,R):

$$L_{LT} = 10 \times \lg \left(p \cdot 10^{\frac{L_F}{10}} + (1 - p) \cdot 10^{\frac{L_H}{10}} \right)$$

- ✓ **Μακροπρόθεσμη ηχοστάθμη στο σημείο R για όλες τις διαδρομές:** Η συνολική ηχοστάθμη στον δέκτη για ζώνη συχνοτήτων λαμβάνεται από το άθροισμα των εισφορών ενέργειας από όλες τις διαδρομές N , συμπεριλαμβανομένων όλων των τύπων:

$$L_{tot,LT} = 10 \times \lg \left(\sum_n 10^{\frac{L_{n,LT}}{10}} \right) \quad \text{όπου } n \text{ είναι ο δείκτης των διαδρομών μεταξύ } S \text{ και } R$$

Η συνολική ηχοστάθμη σε ντεσιμπέλ A dB(A) λαμβάνεται με την άθροιση των σταθμών κάθε ζώνης συχνοτήτων:

$$L_{Aeq,LT} = 10 \times \lg \sum_i 10^{(L_{tot,LT,i} + AWC_{f,i})/10}$$

όπου i είναι ο δείκτης της ζώνης συχνοτήτων. AWC είναι η A-σταθμισμένη διόρθωση ως εξής:

Συχνότητα [Hz]	63	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
AWC _{Ei} [dB]	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	1,2	1,0	-1,1*

Γεωμετρική απόκλιση: Η εξασθένηση που οφείλεται στη γεωμετρική απόκλιση, A_{div} , αντιστοιχεί σε μείωση της ηχοστάθμης λόγω της απόστασης διάδοσης. Για σημειακή ηχητική πηγή σε ελεύθερο πεδίο, η εξασθένηση σε dB δίνεται από τον τύπο:

$$A_{div} = 20 \times \lg(d) + 11$$

όπου d είναι η άμεση 3D διαγώνια απόσταση μεταξύ της πηγής και του δέκτη

Ατμοσφαιρική απορρόφηση: Η εξασθένηση που οφείλεται στην ατμοσφαιρική απορρόφηση A_{atm} κατά τη διάδοση σε απόσταση d δίνεται σε dB βάσει της εξίσωσης:

$$A_{atm} = a_{atm} \cdot d / 1\ 000$$

όπου d είναι η άμεση 3D διαγώνια απόσταση μεταξύ της πηγής και του δέκτη σε m και a_{atm} είναι ο συντελεστής ατμοσφαιρικής απορρόφησης σε dB/km στην ονομαστική κεντρική συχνότητα για κάθε ζώνη συχνοτήτων, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 9613-1.

Οι τιμές του συντελεστή a_{atm} δίνονται για θερμοκρασία 15 °C, σχετική υγρασία 70 % και ατμοσφαιρική πίεση 101 - 325 Pa. Υπολογίζονται με τις ακριβείς κεντρικές συχνότητες της ζώνης συχνοτήτων. Οι τιμές αυτές είναι σύμφωνες με το πρότυπο ISO 9613-1. Χρησιμοποιούνται οι μακροπρόθεσμοι μετεωρολογικοί μέσοι αν δεν υπάρχουν διαθέσιμα μετεωρολογικά δεδομένα.

Επίδραση του εδάφους: Η εξασθένηση αυτή αποτελεί κυρίως το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης μεταξύ του ανακλώμενου ήχου και του ήχου που διαδίδεται απευθείας από την πηγή στον δέκτη και εξαρτάται από την ακουστική απορρόφηση του εδάφους και τις ατμοσφαιρικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της διάδοσης, δεδομένου ότι η καμπύλωση των ακτίνων μεταβάλλει το ύψος της διαδρομής πάνω από το έδαφος. Σε περίπτωση εμποδίων στο πεδίο διάδοσης, η επίδραση του εδάφους υπολογίζεται χωριστά στην πλευρά της πηγής και στην πλευρά του δέκτη.

Ακουστικός χαρακτηρισμός εδάφους: Οι ιδιότητες ακουστικής απορρόφησης του εδάφους συνδέονται κυρίως με το πορώδες. Το συμπαγές έδαφος είναι σε γενικές γραμμές ανακλαστικό και το πορώδες έδαφος είναι απορροφητικό. Για τις απαιτήσεις των λειτουργικών υπολογισμών, η ακουστική απορρόφηση του εδάφους αναπαρίσταται από έναν αδιάστατο συντελεστή G , μεταξύ του 0 και του 1. Ο συντελεστής G είναι ανεξάρτητος από τη συχνότητα.

Ο πίνακας στη συνέχεια δίνει τις τιμές του G για το έδαφος σε εξωτερικούς χώρους. Σε γενικές γραμμές, ο μέσος όρος του συντελεστή G για μια διαδρομή λαμβάνει τιμές μεταξύ 0 και 1.

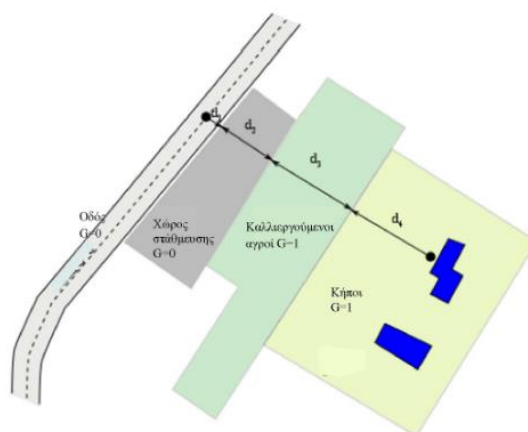
Περιγραφή	Τύπος	(kPa·s/m ²)	Τιμή του G
Πολύ μαλακό έδαφος (καλυμμένο με χιόνι ή βρύα)	A	12,5	1
Μαλακό δασικό έδαφος (καλυμμένο με κοντά, πυκνά ρείκια ή βρύα)	B	31,5	1
Μη συμπίεμένο, χαλαρό έδαφος (γρασιδι, χόρτα, χαλαρό έδαφος)	C	80	1
Κανονικό μη συμπίεμένο έδαφος (δασικά εδάφη, λειμώνες)	D	200	1
Συμπίεσμένο αγρό και χαλίκι (συμπίεμένοι χλοοτάπητες, πάρκα)	E	500	0,7
Συμπίεμένο πυκνό έδαφος (χαλικόδρομος, χώρος στάθμευσης αυτοκινήτων)	F	2 000	0,3
Σκληρές επιφάνειες (οι περισσότερες κοινές άσφαλτοι, σκυρόδεμα)	G	20 000	0
Πολύ σκληρές και πυκνές επιφάνειες (πυκνή άσφαλτος, σκυρόδεμα, νερό)	H	200 000	0

Όταν η πηγή και ο δέκτης βρίσκονται τόσο κοντά μεταξύ τους ώστε $d_p \leq 30(z_s + z_r)$, η διάκριση μεταξύ του τύπου του εδάφους που βρίσκεται κοντά στην πηγή και του τύπου του εδάφους που βρίσκεται κοντά στον δέκτη είναι αμελητέα.

Προκειμένου να ληφθεί υπόψη το εν λόγω σχόλιο, ο συντελεστής εδάφους G_{path} διορθώνεται τελικά ως εξής:

$$G'_{path} = \begin{cases} G_{path} \frac{d_p}{30(z_s + z_r)} + G_s \left(1 - \frac{d_p}{30(z_s + z_r)} \right) & \text{if } d_p \leq 30(z_s + z_r) \\ G_{path} & \text{otherwise} \end{cases}$$

όπου G_s είναι ο συντελεστής εδάφους της επιφανειακής πηγής με $G_s = 0$ για οδοστρώματα.

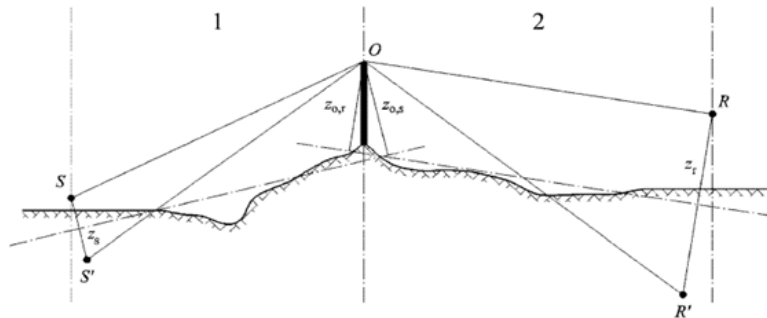


$$d_p = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$G_{path} = \frac{(0 \cdot d_1 + 0 \cdot d_2 + 1 \cdot d_3 + 1 \cdot d_4)}{d_p} = \frac{(d_3 + d_4)}{d_p}$$

Περίθλαση (diffraction): Η περίθλαση μελετάται στην κορυφή κάθε εμποδίου (όπως ενός αντιθορυβικού πετάσματος) που βρίσκεται επί της διαδρομής διάδοσης. Προβλέπεται η επεξεργασία της περίθλασης σε πετάσματα μικρού ή μεγάλου πάχους, κτίρια, χωμάτινους αναβαθμούς (φυσικούς ή τεχνητούς), καθώς και εκείνης που προκαλείται από τα άκρα αναχωμάτων, τάφρων και κοιλαδογεφυρών. Αν η διαδρομή περνά «αρκετά ψηλά» πάνω από το άκρο της περίθλασης, μπορεί να οριστεί $A_{dif}=0$ και να υπολογιστεί το άμεσο οπτικό πεδίο. Το σχήμα στην συνέχεια απεικονίζει τη γενική μέθοδο υπολογισμού της εξασθένησης λόγω περίθλασης. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη διαίρεση της διαδρομής διάδοσης σε δύο μέρη: τη διαδρομή προς την «πλευρά της πηγής», που βρίσκεται μεταξύ της πηγής και του σημείου περίθλασης, και τη διαδρομή προς την «πλευρά του δέκτη», που βρίσκεται μεταξύ του σημείου περίθλασης και του δέκτη. Υπολογίζονται τα εξής :

- ☑ η επίδραση του εδάφους στην πλευρά της πηγής $\Delta_{ground}(S,O)$
- ☑ η επίδραση του εδάφους στην πλευρά του δέκτη $\Delta_{ground}(O,R)$
- ☑ και οι τρεις περιθλάσεις:
 - μεταξύ της πηγής S και του δέκτη R : $\Delta_{dif}(S,R)$
 - μεταξύ της πηγής της εικόνας S' και του R : $\Delta_{dif}(S',R)$
 - μεταξύ της S και του δέκτη της εικόνας R' : $\Delta_{dif}(S,R')$



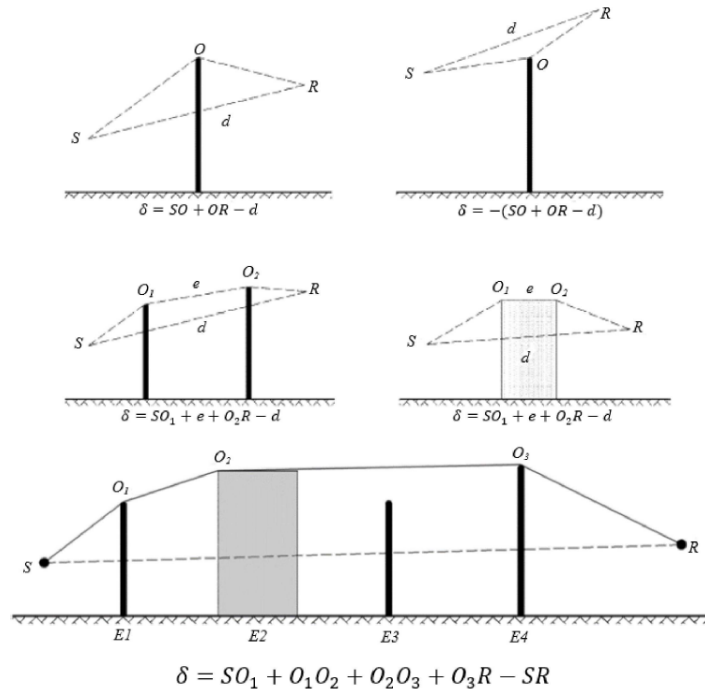
1: Πλευρά της πηγής
2: Πλευρά του δέκτη

Σχήμα 2.3 Γεωμετρία υπολογισμού της εξασθένησης λόγω περίθλασης

Υπολογισμός της διαφοράς διαδρομής : Η διαφορά διαδρομής δ υπολογίζεται σε κάθετο επίπεδο που περιέχει την πηγή και τον δέκτη. Πρόκειται για προσέγγιση σε σχέση με την αρχή του Fermat. Η προσέγγιση εξακολουθεί να ισχύει εν προκειμένω (γραμμικές πηγές). Η διαφορά διαδρομής δ υπολογίζεται όπως φαίνεται στα ακόλουθα σχήματα, βάσει των καταστάσεων που ανακύπτουν.

Ομοιογενείς συνθήκες :

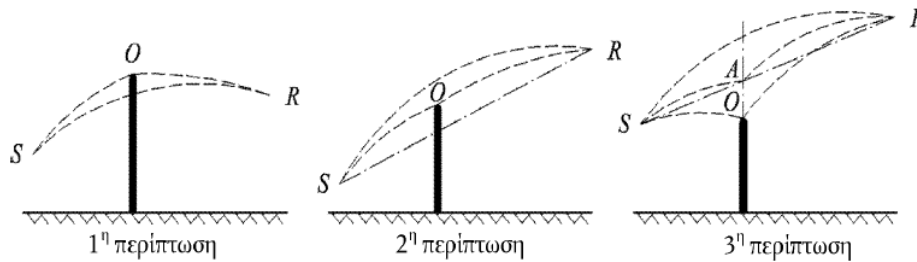
Υπολογισμός της διαφοράς διαδρομής υπό ομοιογενείς συνθήκες. O , O_1 και O_2 είναι τα σημεία περίθλασης :



Σχήμα 2.4

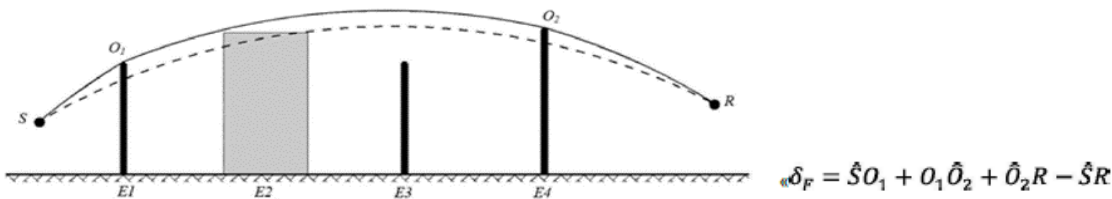
Ευνοϊκές συνθήκες :

Υπολογισμός της διαφοράς διαδρομής υπό ευνοϊκές συνθήκες (μεμονωμένη περίθλαση)



Σχήμα 2.5

Υπό ευνοϊκές συνθήκες, η διαδρομή διάδοσης στο κατακόρυφο επίπεδο διάδοσης αποτελείται πάντοτε από τμήματα κύκλων, η ακτίνα των οποίων δίνεται από την τρισδιάστατη απόσταση μεταξύ της πηγής και του δέκτη, δηλαδή όλα τα τμήματα της διαδρομής διάδοσης έχουν την ίδια ακτίνα καμπυλότητας. Εάν στο απευθείας τόξο που συνδέει την πηγή και τον δέκτη παρεμβάλλονται εμπόδια, η διαδρομή διάδοσης ορίζεται ως ο μικρότερος κυρτός συνδυασμός των τόξων που περιβάλλουν όλα τα εμπόδια. «Κυρτός» σε αυτό το πλαίσιο σημαίνει ότι σε κάθε σημείο περίθλασης, το τμήμα της εξερχόμενης ακτίνας εκτρέπεται προς τα κάτω σε σχέση με το τμήμα της εισερχόμενης ακτίνας. Στην συνέχεια δίνεται παράδειγμα υπολογισμού της διαφοράς διαδρομής υπό ευνοϊκές συνθήκες, σε περίπτωση πολλαπλών περιθλάσεων.



Σχήμα 2.6

3. Ο ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ

Ειδικότερα, όσον αφορά στον **θόρυβο σιδηροδρομικής κυκλοφορίας**, ως όχημα νοείται οποιαδήποτε μεμονωμένη σιδηροδρομική υπομονάδα αμαξοστοιχίας (συνήθως μηχανή έλξης, αυτοκινούμενη άμαξα, ρυμουλκούμενη άμαξα ή φορτάμαξα) που μπορεί να κινηθεί ανεξάρτητα και δύναται να αποσπαστεί από την υπόλοιπη αμαξοστοιχία. Είναι δυνατόν να ισχύουν ειδικές περιστάσεις για υπομονάδες μιας αμαξοστοιχίας οι οποίες αποτελούν μέρος ενός μη αποσπώμενου συνόλου, π.χ. χρησιμοποιούν κοινό φορείο. Για τους σκοπούς της παρούσας μεθόδου υπολογισμού, όλες οι υπομονάδες αυτές ομαδοποιούνται σε ένα και μόνο όχημα.

Για τους σκοπούς της παρούσας μεθόδου υπολογισμού, μια αμαξοστοιχία αποτελείται από αρκετά συνδεδεμένα οχήματα.

Ο πίνακας στη συνέχεια καθορίζει μια κοινή ορολογία για την περιγραφή των τύπων οχημάτων που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων πηγής. Παρουσιάζει τις σχετικές περιγραφές που χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση των οχημάτων στο σύνολό τους. Οι εν λόγω περιγραφές αντιστοιχούν στις ιδιότητες του οχήματος που επηρεάζουν την ακουστική κατευθυντική ηχητική ισχύ ανά μέτρο μήκους της ισοδύναμης γραμμικής πηγής που χρησιμοποιήθηκε ως πρότυπο. Ο αριθμός των οχημάτων για κάθε τύπο καθορίζεται στο καθένα από τα τμήματα τροχιάς για το καθένα από τα χρονικά διαστήματα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του θορύβου. Εκφράζεται ως ο μέσος όρος οχημάτων ανά ώρα, που προκύπτει από τη διαίρεση του συνολικού αριθμού των οχημάτων που ταξιδεύουν σε μια δεδομένη χρονική περίοδο με τη διάρκεια της εν λόγω χρονικής περιόδου σε ώρες (π.χ. 24 οχήματα σε 4 ώρες σημαίνει 6 οχήματα ανά ώρα). Χρησιμοποιούνται όλοι οι τύποι οχημάτων που κινούνται σε κάθε τμήμα τροχιάς.

Πίνακας 3.1: Ταξινόμηση και περιγραφές για σιδηροδρομικά οχήματα

Ψηφίο	1	2	3	4
Περιγραφή	Τύπος οχήματος	Αριθμός αξόνων ανά όχημα	Τύπος πέδης	Μέτρο σχετικό με τους τροχούς
Επεξήγηση της περιγραφής	Γράμμα που περιγράφει τον τύπο	Ο πραγματικός αριθμός αξόνων	Γράμμα που περιγράφει τον τύπο πέδης	Γράμμα που περιγράφει τον τύπο του μέτρου περιορισμού θορύβου
Πιθανές περιγραφές	h όχημα υψηλής ταχύτητας (>200 km/h)	1	c πέδιλο από χυτοσίδηρο	n κανένα μέτρο
	m αυτοκινούμενες επιβατάμαξες	2	k πέδιλα από σύνθετο υλικό ή πυροσυσσωματωμένα μέταλλα	d αποσβεστήρες
	p ρυμουλκούμενες επιβατάμαξες	3	n πέδη χωρίς πέδιλα στην επιφάνεια κύλισης, π.χ. πέδη με δίσκο ή τύμπανο ή μαγνητική πέδη	s πετάσματα
	c αστικό τραμ ή υπόγειος σιδηρόδρομος ελαφρού τύπου αυτοκινούμενη και μη αυτοκινούμενη επιβατάμαξα	4		o άλλα
	d πετρελαιομηχανή	κ.λπ.		
	e ηλεκτροκίνητη μηχανή			
	a οποιαδήποτε γενική φορτάμαξα			
	o άλλα (π.χ. συντήρηση οχημάτων κ.λπ.)			

Ταξινόμηση των γραμμών και της δομής στήριξης

Οι υφιστάμενες γραμμές μπορεί να διαφέρουν, δεδομένου ότι υπάρχουν αρκετά στοιχεία που συμβάλλουν στις ηχητικές ιδιότητές τους και τις χαρακτηρίζουν. Οι τύποι γραμμών που χρησιμοποιούνται στην παρούσα μέθοδο αναφέρονται στον πίνακα κατωτέρω. Ορισμένα από τα στοιχεία ασκούν μεγάλη επίδραση στις ακουστικές ιδιότητες, ενώ άλλα ασκούν μόνο δευτερεύουσα επίδραση. Σε γενικές γραμμές, τα σημαντικότερα στοιχεία που επηρεάζουν τις εκπομπές θορύβου σιδηροδρομικής κυκλοφορίας είναι: η τραχύτητα της κεφαλής της σιδηροτροχιάς, η ακαμψία του υποθέματος της σιδηροτροχιάς, η βάση της σιδηροτροχιάς, οι αρμοί της σιδηροτροχιάς και η ακτίνα καμπυλότητας της σιδηροτροχιάς.

Εναλλακτικά, μπορεί να οριστεί το σύνολο των ιδιοτήτων της σιδηροτροχιάς και, στην περίπτωση αυτή, οι δύο ουσιώδεις ακουστικές παράμετροι είναι η τραχύτητα της κεφαλής της σιδηροτροχιάς και η τιμή απόσβεσης για τροχιά σύμφωνα με το πρότυπο ISO 3095, μαζί με την ακτίνα καμπυλότητας της σιδηροτροχιάς.

Ως τμήμα τροχιάς νοείται ένα μέρος μιας ενιαίας τροχιάς, σε σιδηροδρομική γραμμή ή σταθμό ή μηχανοστάσιο, επί του οποίου οι φυσικές ιδιότητες και τα βασικά δομικά στοιχεία της τροχιάς δεν μεταβάλλονται.

Ο πίνακας στη συνέχεια καθορίζει μια κοινή ορολογία για την περιγραφή των τύπων τροχιάς που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων πηγής.

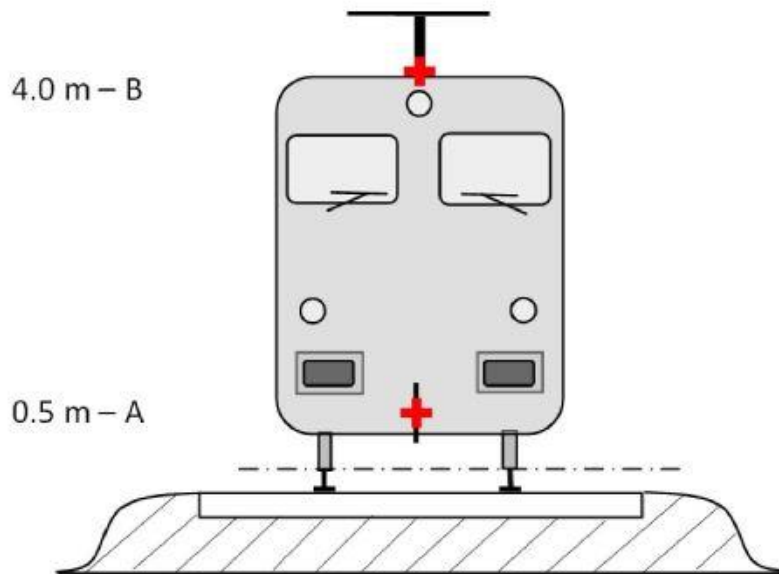
Πίνακας 3.2: Κοινή ορολογία για την περιγραφή των τύπων τροχιάς που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων πηγής

Ψηφίο	1	2	3	4	5	6
Περιγραφή	Βάση σιδηροτροχιάς	Τραχύτητα κεφαλής σιδηροτροχιάς	Τύπος υποθέματος σιδηροτροχιάς	Πρόσθετα μέτρα	Αρμοί σιδηροτροχιάς	Καμπυλότητα
Επεξήγηση της περιγραφής	Τύπος βάσης σιδηροτροχιάς	Δείκτης τραχύτητας	Αποτελεί ένδειξη της «δυναμικής» ακαμψίας	Γράμμα που περιγράφει την ακουστική διάταξη	Ύπαρξη αρμών και διακένων	Δηλώνει την ακτίνα καμπυλότητας σε m
Επιτρεπόμενοι κωδικοί	B Σκύρα	E Καλά συντηρημένη και πολύ λεία	S Μαλακό (150-250 MN/m)	N Κανένα	N Κανένα	N Ευθεία τροχιά
	S Τροχιά επί πλακών	M Κανονικά συντηρημένη	M Μέτριο (250 έως 800 MN/m)	D Αποβουβήρας σιδηροτροχιάς	S Μονός αρμός ή αλλαγή τροχιάς	L Χαμηλή (1 000-500 m)
	L Γέφυρα επί σκύρων	N Χωρίς καλή συντήρηση	H Σκληρό (800-1 000 MN/m)	B Χαμηλός φραγμός	D Δύο αρμοί ή αλλαγές τροχιάς ανά 100 m	M Μέτρια (μικρότερη από 500 m και μεγαλύτερη από 300 m)
	N Γέφυρα χωρίς σκύρα	B Χωρίς συντήρηση και σε κακή κατάσταση		A Πλάκα απορρόφησης σε τροχιά επί πλακών	M Ανω των δύο αρμών ή αλλαγών τροχιάς ανά 100 m	H Υψηλή (μικρότερη από 300 m)
	T Ενσωματωμένη σιδηροτροχιά			E Ενσωματωμένη γραμμή		
	O Άλλα			O Άλλα		

Αριθμός και θέση των ισοδύναμων πηγών

Οι διάφορες ισοδύναμες γραμμικές πηγές θορύβου τοποθετούνται σε διάφορα ύψη και στο κέντρο της τροχιάς. Όλα τα ύψη αναφέρονται στο επίπεδο που εφάπτεται με τις δύο άνω επιφάνειες των δύο σιδηροτροχιών. Οι ισοδύναμες πηγές περιλαμβάνουν διαφορετικές φυσικές πηγές (δείκτης p).

Αυτές οι φυσικές πηγές κατατάσσονται σε διαφορετικές κατηγορίες ανάλογα με τον μηχανισμό δημιουργίας, και είναι οι εξής: 1) ο θόρυβος κύλισης (που περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τους κραδασμούς της βάσης της σιδηροτροχιάς και τους κραδασμούς των τροχών, αλλά και τον θόρυβο της υπερκατασκευής των φορταμαξών), 2) ο θόρυβος έλξης, 3) ο αεροδυναμικός θόρυβος, 4) ο κτυπογενής θόρυβος (από διασταυρώσεις, αλλαγές τροχιάς και διακλαδώσεις), 5) ο θόρυβος στριγκλίσματος, και 6) ο θόρυβος που οφείλεται σε πρόσθετες επιδράσεις, όπως γέφυρες και κοιλαδογέφυρες.



Σχήμα 3.1: Θέση ισοδύναμων πηγών θορύβου

1) Η τραχύτητα των τροχών και των κεφαλών της σιδηροτροχιάς, μέσω τριών τρόπων μετάδοσης στις ακτινοβολούσες επιφάνειες (σιδηροτροχιάς, τροχοί και υπερκατασκευή), παράγει τον θόρυβο κύλισης. Ο θόρυβος κύλισης κατανέμεται σε $h = 0,5 \text{ m}$ (ακτινοβολούσα επιφάνεια A) και αναπαριστά τη συνεισφορά της τροχιάς, συμπεριλαμβανομένης της επίδρασης της επιφάνειας της τροχιάς, ιδίως δε των τροχιών επί πλακών (σύμφωνα με το τμήμα διάδοσης), τη συνεισφορά των τροχών και τη συνεισφορά της υπερκατασκευής του οχήματος στη δημιουργία του θορύβου (σε εμπορευματικές αμαξοστοιχίες).

2) Τα ύψη των ισοδύναμων πηγών όσον αφορά τον θόρυβο έλξης ποικίλλουν μεταξύ 0,5 m (πηγή A) και 4,0 m (πηγή B), ανάλογα με τη φυσική θέση του συγκεκριμένου δομικού στοιχείου. Πηγές όπως τα συστήματα μετάδοσης με οδοντωτούς τροχούς και οι ηλεκτροκινητήρες βρίσκονται συχνά σε ύψος 0,5 m (πηγή A). Οι περσίδες και τα ανοίγματα αερισμού μπορεί να βρίσκονται σε διάφορα ύψη, ενώ οι εξατμίσεις ντιζελοκίνητων οχημάτων βρίσκονται συχνά στο ύψος της οροφής 4,0 m (πηγή B). Άλλες πηγές έλξης, όπως οι ανεμιστήρες ή τα συγκροτήματα ντιζελοκινήτρων, μπορεί να βρίσκονται σε ύψος 0,5 m (πηγή A) ή 4,0 m (πηγή B). Εάν το ακριβές ύψος της πηγής βρίσκεται μεταξύ των υψών του μοντέλου, η ηχητική ενέργεια κατανέμεται αναλογικά στα ύψη της πλησιέστερης παρακείμενης πηγής. Για τον λόγο αυτόν, προβλέπονται δύο ύψη πηγής με την εν λόγω μέθοδο, στα 0,5 m (πηγή A) και στα 4,0 m (πηγή B), και η ισοδύναμη ακουστική ισχύς που συνδέεται με το κάθε ύψος κατανέμεται μεταξύ των δύο αναλόγως της συγκεκριμένης διάταξης των πηγών για τον τύπο της μονάδας.

3) Οι επιδράσεις του αεροδυναμικού θορύβου συνδέονται με την πηγή στα 0,5 m (που αναπαριστά τα καλύμματα και τα πετάσματα, πηγή A) και με την πηγή στα 4,0 m (μοντελοποίηση όλης της οροφής και του παντογράφου, πηγή B). Η επιλογή των 4,0 m για την επίδραση του παντογράφου

είναι γνωστό ότι αποτελεί απλό μοντέλο και πρέπει να εξεταστεί προσεκτικά εάν στόχος είναι η επιλογή κατάλληλου ύψους για το ηχοπέτασμα.

4) Ο κτυπογενής θόρυβος συνδέεται με την πηγή στα 0,5 m (πηγή Α).

5) Ο θόρυβος στριγκλίσματος συνδέεται με τις πηγές στα 0,5 m (πηγή Α).

6) Ο θόρυβος από γέφυρες συνδέεται με την πηγή στα 0,5 m (πηγή Α).

Εκπομπές ηχητικής ισχύος - Γενικές εξισώσεις - Μεμονωμένο όχημα

Το μοντέλο για τον θόρυβο σιδηροδρομικής κυκλοφορίας, κατ' αναλογία του θορύβου οδικής κυκλοφορίας, περιγράφει τις εκπομπές ηχητικής ισχύος θορύβου ενός ειδικού συνδυασμού τύπου οχήματος και τύπου τροχιάς που πληροί μια δέσμη απαιτήσεων, οι οποίες περιγράφονται στην ταξινόμηση του οχήματος και της τροχιάς, όσον αφορά ένα σύνολο ηχητικής ισχύος ανά όχημα ($L_{w,0}$).

Ροή της κυκλοφορίας

Οι εκπομπές θορύβου από τη ροή της κυκλοφορίας σε κάθε τροχιά αναπαριστώνται από ένα σύνολο δύο γραμμικών πηγών που χαρακτηρίζονται από την κατευθυντική ηχητική ισχύ ανά μέτρο και ανά ζώνη συχνοτήτων. Αυτό αντιστοιχεί στο άθροισμα των ηχητικών εκπομπών των μεμονωμένων οχημάτων που διέρχονται στο πλαίσιο της ροής της κυκλοφορίας και, όταν πρόκειται συγκεκριμένα για οχήματα εν στάσει, λαμβάνει υπόψη τον χρόνο που δαπανούν τα οχήματα στο υπό εξέταση τμήμα της σιδηροδρομικής γραμμής. Η κατευθυντική ηχητική ισχύς ανά μέτρο και ανά ζώνη συχνοτήτων, που οφείλεται σε όλα τα οχήματα που διέρχονται από κάθε τμήμα τροχιάς για τον τύπο τροχιάς (j), ορίζεται:

- για κάθε ζώνη συχνοτήτων (i),
- για κάθε συγκεκριμένο ύψος πηγής (h) (για πηγές στα 0,5 m $h = 1$, στα 4,0 m $h = 2$),

και είναι το άθροισμα των ενεργειών όλων των συνεισφορών από όλα τα οχήματα που κινούνται στο συγκεκριμένο j-οστό τμήμα της τροχιάς. Οι συνεισφορές αυτές προέρχονται:

- από όλους τους τύπους οχημάτων (t),
- σε διαφορετικές ταχύτητες (s),
- υπό τις συγκεκριμένες συνθήκες λειτουργίας (σταθερή ταχύτητα) (c),
- για κάθε τύπο φυσικής πηγής (κύλιση, κτύποι, στριγκλίσματα, έλξη, αεροδυναμικές παράμετροι και πηγές που ασκούν πρόσθετη επίδραση, π.χ. ο θόρυβος από γέφυρες) (p).

Για τον υπολογισμό της κατευθυντικής ηχητικής ισχύος ανά μέτρο (εισαγωγή στο τμήμα διάδοσης) που οφείλεται στη μέση σύνθεση της κυκλοφορίας στο j-οστό τμήμα της τροχιάς, χρησιμοποιείται ο εξής τύπος:

$$L_{W',eq,T,dir,i} = 10 \cdot \lg \left(\sum_{x=1}^X 10^{L_{w',eq,line,x}/10} \right)$$

όπου T_{ref} = η χρονική περίοδος αναφοράς για την οποία εξετάζεται η μέση κυκλοφορία

X = ο συνολικός αριθμός των υφιστάμενων συνδυασμών i, t, s, c, p για κάθε j-οστό τμήμα της τροχιάς

t = ο δείκτης των τύπων οχημάτων στο j-οστό τμήμα της τροχιάς

s = ο δείκτης της ταχύτητας της αμαξοστοιχίας: ο αριθμός των υφιστάμενων δεικτών είναι ίσος με τον αριθμό των διαφόρων μέσων ταχυτήτων αμαξοστοιχίας στο j-οστό τμήμα της τροχιάς

c = ο δείκτης για τις συνθήκες λειτουργίας: 1 (για συνεχή ταχύτητα), 2 (για βραδυπορία)

p = ο δείκτης για τύπους φυσικών πηγών: 1 (για τον θόρυβο κύλισης και τον κτυπογενή θόρυβο), 2 (στριγκλίσματα σε στροφές), 3 (θόρυβος έλξης), 4 (αεροδυναμικός θόρυβος), 5 (πρόσθετες επιδράσεις)

$L_{W',eq,line,x}$ = x -οστή κατευθυντική ηχητική ισχύς ανά μέτρο για γραμμική πηγή συνδυασμού των t , s , c , p σε κάθε j -οστό τμήμα της τροχιάς

Εάν θεωρήσουμε σταθερή ροή Q οχημάτων ανά ώρα, με μέση ταχύτητα v , θα υπάρχει κατά μέσο όρο σε κάθε χρονική στιγμή ισοδύναμος αριθμός Q/v οχημάτων ανά μονάδα μήκους του σιδηροδρομικού τμήματος. Οι εκπομπές θορύβου της ροής οχημάτων από την άποψη της κατευθυντικής ηχητικής ισχύος ανά μέτρο $L_{W',eq,line}$ [εκφραζόμενες σε dB/m (re. 10⁻¹² W)] ενσωματώνονται ως εξής:

$$L_{W',eq,line,i}(\psi,\varphi) = L_{W,0,dir,i}(\psi,\varphi) + 10 \times \lg\left(\frac{Q}{1000v}\right) \quad (\text{για } c=1)$$

όπου

- Q είναι ο μέσος αριθμός οχημάτων ανά ώρα στο j -οστό τμήμα της τροχιάς για τον τύπο οχήματος t , για μέση ταχύτητα αμαξοστοιχίας s και συνθήκες λειτουργίας c
- v είναι η ταχύτητα [km/h] στο j -οστό τμήμα της τροχιάς για τον τύπο οχήματος t και για μέση ταχύτητα αμαξοστοιχίας s
- $L_{W,0,dir}$ είναι η στάθμη της κατευθυντικής ηχητικής ισχύος (κύλιση, κτύποι, στριγκλίσματα, πέδηση, έλξη, αεροδυναμικές παράμετροι, άλλες επιδράσεις) ενός μεμονωμένου οχήματος στις κατευθύνσεις ψ , φ , οριζόμενη αναφορικά με την κατεύθυνση κίνησης του οχήματος.

Σε περίπτωση σταθερής πηγής, π.χ. κατά τη βραδυπορία, θεωρείται ότι το όχημα παραμένει για συνολικό χρονικό διάστημα T_{idle} σε μια θέση εντός ενός τμήματος τροχιάς μήκους L . Συνεπώς, όταν T_{ref} είναι η χρονική περίοδος αναφοράς για την αξιολόγηση του θορύβου (π.χ. 12 ώρες, 4 ώρες, 8 ώρες), η κατευθυντική ηχητική ισχύς ανά μονάδα μήκους στο υπό εξέταση τμήμα τροχιάς ορίζεται ως εξής:

$$L_{W',eq,line,i}(\psi,\varphi) = L_{W,0,dir,i}(\psi,\varphi) + 10 \times \lg\left(\frac{T_{idle}}{T_{ref}L}\right) \quad (\text{για } c = 2)$$

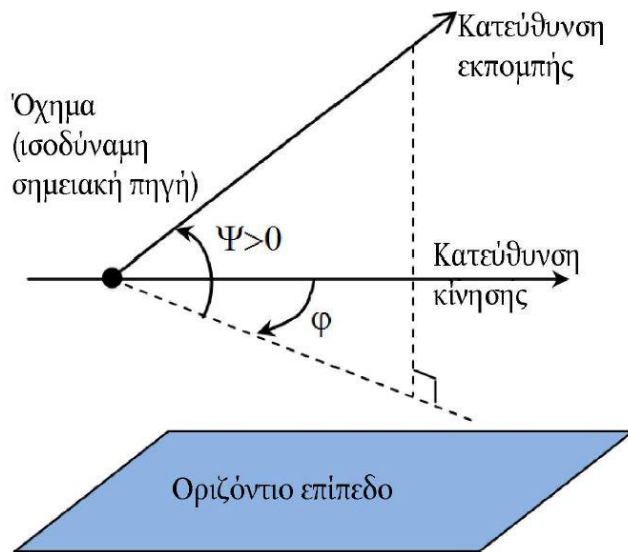
Σε γενικές γραμμές, η κατευθυντική ηχητική ισχύς λαμβάνεται από κάθε συγκεκριμένη πηγή ως εξής:

$$L_{W,0,dir,i}(\psi,\varphi) = L_{W,0,i} + \Delta L_{W,dir,vert,i} + \Delta L_{W,dir,hor,i}$$

όπου

- $\Delta L_{W,dir,vert,i}$ είναι η συνάρτηση διόρθωσης της κάθετης κατευθυντικότητας (αδιάστατη) του ψ
- $\Delta L_{W,dir,hor,i}$ είναι η συνάρτηση διόρθωσης της οριζόντιας κατευθυντικότητας (αδιάστατη) του φ

Και όπου το $L_{W,0,dir,i}(\psi,\varphi)$ εκφράζεται, αφού ληφθεί σε τριτοκταβικές ζώνες, σε οκταβικές ζώνες, με την ενεργητική πρόσθεση κάθε σχετικής τριτοκταβικής ζώνης στην αντίστοιχη οκταβική ζώνη.



Σχήμα 3.2: Γεωμετρικός ορισμός

Για τους σκοπούς των υπολογισμών, η ισχύς της πηγής εκφράζεται συγκεκριμένα από την άποψη της κατευθυντικής ηχητικής ισχύος ανά 1 m τροχιάς $L_{W,tot,dir,i}$ για να ληφθεί υπόψη η κατευθυντικότητα των πηγών στην κάθετη και οριζόντια κατεύθυνση, μέσω των συμπληρωματικών διορθώσεων. Εξετάζονται αρκετές $L_{W,0,dir,i}(\psi, \varphi)$ για κάθε συνδυασμό οχήματος – τροχιάς – ταχύτητας – συνθηκών λειτουργίας:

- για 1/3 τριτοκταβικής ζώνης συχνοτήτων (i)
- για κάθε τμήμα τροχιάς (j)
- ύψος πηγής (h) (για πηγές στα 0,5 m $h = 1$, στα 4,0 m $h = 2$)
- κατευθυντικότητα (d) της πηγής.

Εξετάζεται ένα σύνολο $L_{W,0,dir,i}(\psi, \varphi)$ για κάθε συνδυασμό οχήματος – τροχιάς – ταχύτητας – συνθηκών λειτουργίας, για κάθε τμήμα τροχιάς, για τα ύψη που αντιστοιχούν σε $h = 1$ και $h = 2$ και για την κατευθυντικότητα.

Θόρυβος κύλισης

Η συνεισφορά του οχήματος και η συνεισφορά της τροχιάς στον θόρυβο κύλισης διαχωρίζονται τώρα σε τέσσερα ουσιώδη στοιχεία: την τραχύτητα των τροχών, την τραχύτητα της σιδηροτροχιάς, τη συνάρτηση μετάδοσης του οχήματος στους τροχούς και στην υπερκατασκευή (θάλαμοι), και τη συνάρτηση μετάδοσης τροχιάς. Η τραχύτητα των τροχών και της σιδηροτροχιάς αναπαριστούν την αιτία πρόκλησης των κραδασμών στο σημείο επαφής μεταξύ της τροχιάς και του τροχού, ενώ οι συναρτήσεις μετάδοσης είναι δύο εμπειρικές ή μοντελοποιημένες συναρτήσεις που αναπαριστούν το σύνολο των περίπλοκων φαινομένων των μηχανικών κραδασμών και της παραγωγής ήχου στις επιφάνειες του τροχού, της τροχιάς, του στρωτήρα και της υποδομής της τροχιάς. Ο διαχωρισμός αυτός αντικατοπτρίζει τα υλικά στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η τραχύτητα που υφίσταται σε μια σιδηροτροχιά δύναται να προκαλέσει κραδασμούς στην σιδηροτροχιά, αλλά και κραδασμούς στον τροχό και αντιστρόφως. Η παράλειψη μίας από αυτές τις τέσσερις παραμέτρους θα εμπόδιζε την αποσύνδεση της ταξινόμησης των σιδηροτροχιών και των αμαξοστοιχιών.

Τραχύτητα τροχών και σιδηροτροχιάς

Ο θόρυβος κύλισης προκαλείται κυρίως από την τραχύτητα των τροχών και της σιδηροτροχιάς στο εύρος μήκους κύματος από 5 έως 500 mm.

Η στάθμη τραχύτητας L_r ορίζεται ως το δεκαπλάσιο του δεκαδικού λογαρίθμου του τετραγώνου της μέσης τετραγωνικής τιμής r^2 της τραχύτητας της επιφάνειας κύλισης μιας σιδηροτροχιάς ή ενός τροχού στην κατεύθυνση της κίνησης (επίμηκες επίπεδο), μετρούμενη σε μη επί ορισμένου μήκους σιδηροτροχιάς ή επί της συνολικής διαμέτρου του τροχού, διαιρούμενη διά του τετραγώνου της τιμής αναφοράς r_0^2 :

$$L_r = 10 \times \lg\left(\frac{r}{r_0}\right)^2 \text{ dB}$$

όπου

$r_0 = 1 \mu\text{m}$

r = πραγματική τιμή της διαφοράς κάθετης μετατόπισης της επιφάνειας επαφής με το μέσο επίπεδο.

Η στάθμη τραχύτητας L_r λαμβάνεται συνήθως ως φάσμα μήκους κύματος λ και μετατρέπεται σε φάσμα συχνοτήτων $f = v/\lambda$, όπου f είναι η κεντρική ζώνη συχνοτήτων μιας δεδομένης τριτοκταβικής ζώνης σε Hz, λ είναι το μήκος κύματος σε m, και v είναι η ταχύτητα της αμαξοστοιχίας σε km/h. Το φάσμα τραχύτητας ως συνάρτηση της συχνότητας μετατοπίζεται κατά μήκος του άξονα συχνότητας όταν διαφέρουν οι ταχύτητες. Σε γενικές περιπτώσεις, μετά τη μετατροπή του φάσματος συχνοτήτων βάσει της ταχύτητας, είναι αναγκαία η λήψη νέων τιμών φασμάτων τριτοκταβικών ζωνών που αποτελούν τον μέσο όρο μεταξύ δύο αντίστοιχων τριτοκταβικών ζωνών στο πεδίο του μήκους κύματος. Για να αξιολογηθεί το φάσμα συχνοτήτων της συνολικής πραγματικής τραχύτητας που αντιστοιχεί στην κατάλληλη ταχύτητα της αμαξοστοιχίας, υπολογίζεται ενεργητικά και αναλογικά ο μέσος όρος των δύο αντίστοιχων τριτοκταβικών συχνοτήτων που ορίζονται στο πεδίο μήκους κύματος.

Η στάθμη τραχύτητας της σιδηροτροχιάς (τραχύτητα σιδηροτροχιάς) για την i -οστή περιοχή κυματικών αριθμών ορίζεται ως $L_{r,TR,i}$

Κατ' αναλογία, **η στάθμη τραχύτητας τροχού** (τραχύτητα οχήματος) για την i -οστή περιοχή κυματικών αριθμών ορίζεται ως $L_{r,VEH,i}$

Η συνολική και πραγματική στάθμη τραχύτητας για την περιοχή κυματικών αριθμών i ($L_{R,tot,i}$) ορίζεται ως το άθροισμα ενέργειας για τις στάθμες τραχύτητας της σιδηροτροχιάς και των τροχών συν το φίλτρο επαφής $A_3(\lambda)$ προκειμένου να ληφθεί υπόψη το φαινόμενο φιλτραρίσματος του σημείου επαφής μεταξύ της τροχιάς και του τροχού, και είναι σε dB:

$$L_{R,TOT,i} = 10 \cdot \lg(10^{L_{r,TR,i}/10} + 10^{L_{r,VEH,i}/10}) + A_{3,i}$$

όταν εκφράζεται ως συνάρτηση της i -οστής περιοχής κυματικών αριθμών που αντιστοιχεί στο μήκος κύματος λ .

Το φίλτρο επαφής εξαρτάται από τον τύπο της τροχιάς και του τροχού και από το φορτίο. Στην εν λόγω μέθοδο χρησιμοποιείται η συνολική πραγματική τραχύτητα για το j -οστό τμήμα της τροχιάς και για κάθε τύπο οχήματος t για την αντίστοιχη ταχύτητα v .

Συνάρτηση μετάδοσης οχήματος, τροχιάς και υπερκατασκευής

Ορίζονται τρεις συναρτήσεις μετάδοσης που είναι ανεξάρτητες από την ταχύτητα: η $L_{H,TR,i}$, η $L_{H,VEH,i}$ και η $L_{H,VEH,SUP,i}$: η πρώτη για κάθε j -οστό τμήμα της τροχιάς και οι άλλες δύο για κάθε τύπο οχήματος t . Αυτές συσχετίζουν τη συνολική πραγματική στάθμη τραχύτητας με την ηχητική ισχύ της σιδηροτροχιάς, των τροχών και της υπερκατασκευής, αντίστοιχα. Η συνεισφορά της υπερκατασκευής εξετάζεται μόνο για τις φορτάμαξες και, ως εκ τούτου, μόνο για οχήματα τύπου «α». Για τον θόρυβο κύλισης, συνεπώς, η συνεισφορά της τροχιάς και η συνεισφορά του οχήματος

περιγράφονται πλήρως από τις εν λόγω συναρτήσεις μετάδοσης και με τη συνολική πραγματική στάθμη τραχύτητας. Όταν μια αμαξοστοιχία βρίσκεται σε λειτουργία βραδυπορίας, ο θόρυβος κύλισης πρέπει να αποκλειστεί.

Για την ηχητική ισχύ ανά όχημα ο θόρυβος κύλισης υπολογίζεται στο ύψος του άξονα και λαμβάνει ως δεδομένα τη συνολική πραγματική στάθμη τραχύτητας $L_{R,TOT,i}$ ως συνάρτηση της ταχύτητας του οχήματος v , τις συναρτήσεις μετάδοσης τροχιάς, οχήματος και υπερκατασκευής $L_{H,TR,i}$, $L_{H,VEH,i}$ και $L_{H,VEH,SUP,i}$, και τον συνολικό αριθμό αξόνων N_a :

Για $h = 1$:

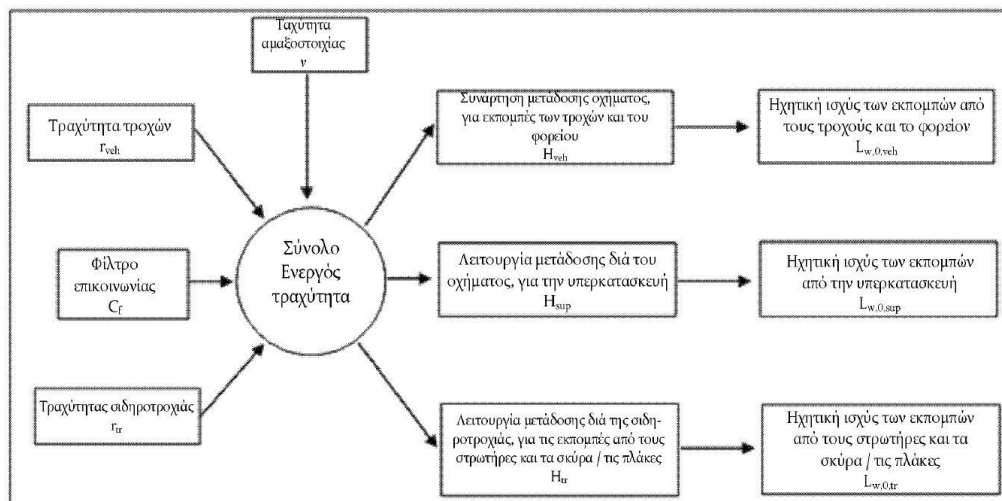
$$L_{W,0,TR,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,TR,i} + 10 \times \lg(N_a) \quad \text{dB}$$

$$L_{W,0,VEH,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEH,i} + 10 \times \lg(N_a) \quad \text{dB}$$

$$L_{W,0,VEH,SUP,i} = L_{R,TOT,i} + L_{H,VEH,SUP,i} + 10 \times \lg(N_a) \quad \text{dB}$$

όπου N_a είναι ο αριθμός αξόνων ανά όχημα για τον t -οστό τύπο οχήματος.

Χρησιμοποιείται ελάχιστη ταχύτητα 50 km/h (30 km/h μόνο για τραμ και υπόγειο σιδηρόδρομο ελαφρού τύπου) για τον καθορισμό της συνολικής πραγματικής τραχύτητας και, ως εκ τούτου, της ηχητικής ισχύος των οχημάτων (η ταχύτητα αυτή δεν επηρεάζει τον υπολογισμό της ροής οχημάτων) προκειμένου να αντισταθμιστεί το δυνητικό σφάλμα που εισάγεται από την απλοποίηση του ορισμού του θορύβου κύλισης, του ορισμού του θορύβου πέδησης και του ορισμού του κτυπογενούς θορύβου από διασταυρώσεις και αλλαγές τροχιάς.



Σχήμα 3.3:

Πρότυπο χρήσης των διαφόρων ορισμών των συναρτήσεων τραχύτητας και μεταφοράς

Κτυπογενής θόρυβος (διασταυρώσεις, αλλαγές τροχιάς και διακλαδώσεις)

Ο κτυπογενής θόρυβος δύναται να προκληθεί από διασταυρώσεις, αλλαγές τροχιάς και αρμούς της σιδηροτροχιάς ή κλειδιά. Μπορεί να διαφέρει σε μέγεθος και μπορεί να κυριαρχεί επί του θορύβου κύλισης. Ο κτυπογενής θόρυβος εξετάζεται για τροχιές με αρμούς. Θα πρέπει να αποφεύγεται η μοντελοποίηση για τον κτυπογενή θόρυβο που προκαλείται από αλλαγές τροχιάς, διασταυρώσεις και αρμούς σε τμήματα τροχιάς με ταχύτητα μικρότερη από 50 km/h (30 km/h μόνο για τραμ και υπόγειο σιδηρόδρομο ελαφρού τύπου), δεδομένου ότι η ελάχιστη ταχύτητα των 50 km/h (30 km/h μόνο για τραμ και υπόγειο σιδηρόδρομο ελαφρού τύπου) χρησιμοποιείται για να συμπεριλάβει περισσότερες επιδράσεις σύμφωνα με την περιγραφή του κεφαλαίου για τον θόρυβο κύλισης. Η μοντελοποίηση του κτυπογενούς θορύβου πρέπει να αποφεύγεται υπό συνθήκες κύλισης $c = 2$ (λειτουργία βραδυπορίας).

Ο κτυπογενής θόρυβος περιλαμβάνεται στον θόρυβο κύλισης (ενέργεια) με την προσθήκη συμπληρωματικής πλασματικής στάθμης κτυπογενούς τραχύτητας στη συνολική πραγματική στάθμη τραχύτητας σε κάθε συγκεκριμένο j -οστό τμήμα της τροχιάς στο οποίο υφίσταται. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιείται νέα $L_{R,TOT+IMPACT,i}$ αντί της $L_{R,TOT,i}$ και τότε αυτή ισούται με:

$$L_{R,TOT+IMPACT,i} = 10 \times \lg(10^{L_{R,TOT,i}/10} + 10^{L_{R,IMPACT,i}/10}) \quad \text{dB}$$

$L_{R,IMPACT,i}$ είναι το φάσμα τριτοκταβικών ζωνών (ως συνάρτηση της συχνότητας). Για τη λήψη αυτού του φάσματος συχνοτήτων, δίνεται ένα φάσμα ως συνάρτηση του μήκους κύματος λ και μετατρέπεται στο απαιτούμενο φάσμα ως συνάρτηση της συχνότητας που χρησιμοποιεί τον τύπο $\lambda = v/f$, όπου f είναι η κεντρική συχνότητα της τριτοκταβικής ζώνης σε Hz και v είναι η ταχύτητα του s -οστού οχήματος του t -οστού τύπου οχήματος σε km/h. Ο κτυπογενής θόρυβος εξαρτάται από την ένταση και τον αριθμό των κτύπων ανά μονάδα μήκους ή πυκνότητα αρμών και, ως εκ τούτου, όταν δίνονται πολλαπλοί κτύποι, η στάθμη της κτυπογενούς τραχύτητας που χρησιμοποιείται στην ως άνω εξίσωση υπολογίζεται ως εξής:

$$L_{R,IMPACT,i} = L_{R,IMPACT-SINGLE,i} + 10 \times \lg\left(\frac{n_i}{0,01}\right) \quad \text{dB}$$

όπου $L_{R,IMPACT-SINGLE,i}$ είναι η στάθμη κτυπογενούς τραχύτητας όπως δίνεται για έναν μεμονωμένο κτύπο και n_i είναι η πυκνότητα των αρμών.

Η προεπιλεγμένη στάθμη κτυπογενούς τραχύτητας δίνεται για πυκνότητα αρμών $n_i = 0,01 \text{ m}^{-1}$, δηλαδή έναν αρμό ανά 100 m τροχιάς. Σε περιπτώσεις όπου διαφέρει ο αριθμός των αρμών, γίνεται κατά προσέγγιση υπολογισμός με προσαρμογή της πυκνότητας των αρμών n_i . Πρέπει να σημειωθεί ότι, κατά τη μοντελοποίηση της χάραξης και της κατάτμησης της τροχιάς, λαμβάνεται υπόψη η πυκνότητα των σιδηροδρομικών αρμών, δηλαδή ίσως απαιτείται να ληφθεί υπόψη ένα διακριτό τμήμα πηγής για ένα τμήμα της τροχιάς που περιλαμβάνει περισσότερους αρμούς. Η $L_{W,o}$ της εισφοράς της τροχιάς, του τροχού/φορείου και της υπερκατασκευής αυξάνεται μέσω της $L_{R,IMPACT,i}$ για +/- 50 m πριν και μετά τον αρμό της σιδηροτροχιάς. Σε περίπτωση σειράς αρμών, η αύξηση αυτή επεκτείνεται μεταξύ - 50 m πριν από τον πρώτο αρμό και + 50 m μετά τον τελευταίο αρμό. Η δυνατότητα εφαρμογής των εν λόγω φασμάτων ηχητικής ισχύος υποβάλλεται κανονικά σε επιτόπια επαλήθευση. Όταν πρόκειται για τροχιές με αρμούς, χρησιμοποιείται προεπιλεγμένη τιμή n_i 0,01.

Συριγμοί-Στριγκλίσματα

«Τα στριγκλίσματα (συριγμοί) στις στροφές αποτελούν ειδική πηγή, που αφορά μόνο τις στροφές και, ως εκ τούτου, έχουν τοπικό χαρακτήρα. Τα στριγκλίσματα στις στροφές εξαρτώνται γενικά από την καμπυλότητα, τις συνθήκες τριβής, την ταχύτητα της αμαξοστοιχίας, τη γεωμετρία και τη δυναμική του συνόλου «τροχιά-τροχός». Απαιτείται κατάλληλη περιγραφή, καθώς η πηγή αυτή μπορεί να είναι σημαντική. Σε θέσεις όπου παρατηρούνται στριγκλίσματα, γενικά σε στροφές και αλλαγές τροχιάς, πρέπει να προστίθενται κατάλληλα φάσματα ισχύος υπερβάλλοντος θορύβου στην ισχύ της πηγής. Ο υπερβάλλον θόρυβος μπορεί να αφορά ειδικά κάθε τύπο τροχαίου υλικού, εφόσον ορισμένοι τύποι τροχών και φορείων δύνανται να είναι σημαντικά λιγότερο επιρρεπείς σε στριγκλίσματα σε σύγκριση με άλλους τύπους. Εάν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις του υπερβάλλοντος θορύβου που λαμβάνουν επαρκώς υπόψη τον στοχαστικό χαρακτήρα του θορύβου στριγκλίσματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμες κατάλληλες μετρήσεις, μπορεί να εφαρμοστεί μια απλή προσέγγιση. Σύμφωνα με την προσέγγιση αυτή, ο θόρυβος στριγκλίσματος υπολογίζεται με την προσθήκη των ακόλουθων υπερβαλλουσών τιμών στα φάσματα ηχητικής ισχύος του θορύβου κύλισης για όλες τις συχνότητες.

Αμαξοστοιχία	5 dB για στροφές με $300\text{ m} < R \leq 500\text{ m}$ και $l_{\text{track}} \geq 50\text{ m}$ 8 dB για στροφές με $R \leq 300\text{ m}$ και $l_{\text{track}} \geq 50\text{ m}$ 8 dB για αλλαγές τροχιάς με $R \leq 300\text{ m}$ 0 dB σε διαφορετική περίπτωση
Τραμ	5 dB για στροφές και αλλαγές τροχιάς με $R \leq 200\text{ m}$ 0 dB σε διαφορετική περίπτωση

όπου l_{track} είναι το μήκος τροχιάς κατά μήκος της στροφής και R είναι η ακτίνα της στροφής.

Η δυνατότητα εφαρμογής των εν λόγω φασμάτων ηχητικής ισχύος ή υπερβαλλουσών τιμών υποβάλλεται κανονικά σε επιτόπια επαλήθευση, ιδίως για το τραμ και για θέσεις όπου οι στροφές ή οι αλλαγές τροχιάς αντιμετωπίζονται με μέτρα κατά του θορύβου στριγκλίσματος.»

Θόρυβος έλξης

Μολονότι ο θόρυβος έλξης είναι σε γενικές γραμμές συγκεκριμένος για κάθε χαρακτηριστική κατάσταση λειτουργίας, δηλαδή για σταθερή ταχύτητα, επιβράδυνση, επιτάχυνση και βραδυπορία, οι μόνες δύο καταστάσεις που μοντελοποιούνται είναι η σταθερή ταχύτητα (που ισχύει και όταν η αμαξοστοιχία επιβραδύνει ή επιταχύνει) και η βραδυπορία. Η μοντελοποιημένη ισχύς πηγής αντιστοιχεί μόνο σε καταστάσεις μέγιστου φορτίου, από τις οποίες προκύπτει το εξής αποτέλεσμα $L_{W,0,const,i} = L_{W,0,idling,i}$. Επίσης, η $L_{W,0,idling,i}$ αντιστοιχεί στη συνεισφορά όλων των υλικών πηγών ενός δεδομένου οχήματος που μπορούν να αποδοθούν σε συγκεκριμένο ύψος.

Η $L_{W,0,idling,i}$ εκφράζεται ως στατική πηγή θορύβου σε βραδυπορία, για το διάστημα κατά το οποίο διαρκεί η βραδυπορία, και χρησιμοποιείται μοντελοποιημένη ως σταθερή σημειακή πηγή, όπως περιγράφεται στο επόμενο κεφάλαιο για τον βιομηχανικό θόρυβο. Εξετάζεται μόνο αν οι αμαξοστοιχίες είναι σε βραδυπορία για διάστημα άνω της 0,5 ώρας.

Είτε μπορούν οι ποσότητες αυτές να ληφθούν από μετρήσεις όλων των πηγών σε κάθε κατάσταση λειτουργίας είτε μπορούν οι μερικές πηγές να χαρακτηριστούν μεμονωμένα, με καθορισμό της εξάρτησής τους από τις παραμέτρους και της σχετικής ισχύος τους. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω μετρήσεων σε όχημα εν στάσει, μεταβάλλοντας τις ταχύτητες άξονα του ελκτικού υλικού, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 3095:2005. Ανάλογα με την περίπτωση, πρέπει να χαρακτηριστούν διάφορες πηγές θορύβου έλξης που ίσως δεν εξαρτώνται όλες άμεσα από την ταχύτητα της αμαξοστοιχίας:

- ο θόρυβος από το σύστημα κίνησης, λόγω χάρη από τους ντιζελοκινητήρες (συμπεριλαμβανομένης της εισαγωγής, των καυσαερίων και του συγκροτήματος κινητήρα), από το σύστημα μετάδοσης με οδοντωτούς τροχούς, από τις ηλεκτρικές γεννήτριες, που εξαρτάται κυρίως από τον αριθμό στροφών ανά λεπτό (rpm) του κινητήρα, και από ηλεκτρικές πηγές, λόγω χάρη από τους μετατροπείς, που δύνανται να εξαρτώνται κυρίως από το φορτίο,
- ο θόρυβος από ανεμιστήρες και συστήματα ψύξης, που εξαρτάται από τον αριθμό στροφών ανά λεπτό (rpm)· σε ορισμένες περιπτώσεις οι ανεμιστήρες δύνανται να συνδεθούν απευθείας στο σύστημα μετάδοσης,
- διαλείπουσες πηγές, όπως συμπιεστές, βαλβίδες κ.λπ., με χαρακτηριστική διάρκεια λειτουργίας και αντίστοιχη διόρθωση κύκλου λειτουργίας για τις εκπομπές θορύβου.

Δεδομένου ότι οι πηγές αυτές δύνανται να συμπεριφέρονται με διαφορετικό τρόπο σε κάθε κατάσταση λειτουργίας, ο θόρυβος έλξης πρέπει να καθορίζεται αναλόγως. Η ισχύς πηγής λαμβάνεται από μετρήσεις υπό ελεγχόμενες συνθήκες. Σε γενικές γραμμές, οι σιδηροδρομικές μηχανές τείνουν να παρουσιάζουν μεγαλύτερη διακύμανση φορτίου, καθώς ο αριθμός των ρυμουλκούμενων οχημάτων, και, ως εκ τούτου, η ισχύς εξόδου, δύνανται να διαφέρουν σημαντικά, ενώ ο καθορισμός του φορτίου είναι καλύτερος για τις αμαξοστοιχίες σταθερής

σύνθεσης όπως οι ηλεκτροκίνητες μονάδες (EMU), οι ντιζελοκίνητες μονάδες (DMU) και οι αμαξοστοιχίες υψηλών ταχυτήτων.

Δεν είναι δυνατόν να συνδεθεί εκ των προτέρων η ηχητική ισχύς της πηγής με τα ύψη πηγής, και η επιλογή αυτή εξαρτάται από τον συγκεκριμένο θόρυβο και όχημα που αξιολογείται. Θα πρέπει να διαμορφωθούν στην πηγή A ($h = 1$) και στην πηγή B ($h = 2$).

Αεροδυναμικός θόρυβος

Ο αεροδυναμικός θόρυβος συνδέεται μόνο με υψηλές ταχύτητες άνω των 200 km/h και, ως εκ τούτου, πρέπει πρώτα να επαληθευτεί αν είναι πράγματι απαραίτητος για λόγους εφαρμογής. Εάν οι συναρτήσεις τραχύτητας και μετάδοσης του θορύβου κύλισης είναι γνωστές, είναι δυνατή η παρέκτασή του σε υψηλότερες ταχύτητες και μπορεί να γίνει σύγκριση με τα υφιστάμενα δεδομένα υψηλών ταχυτήτων προκειμένου να εξακριβωθεί αν ο αεροδυναμικός θόρυβος παράγει υψηλότερα επίπεδα. Εάν οι ταχύτητες αμαξοστοιχίας σε δίκτυο κυμαίνονται από 200 km/h έως 250 km/h, σε ορισμένες περιπτώσεις ίσως δεν είναι απαραίτητο να συμπεριληφθεί ο αεροδυναμικός θόρυβος, ανάλογα με τον σχεδιασμό του οχήματος. Η εισφορά του αεροδυναμικού θορύβου δίνεται ως συνάρτηση της ταχύτητας:

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,1,i}(v_0) + a_{1,i} \times \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad \text{dB} \quad \text{Για } h = 1$$

$$L_{W,0,i} = L_{W,0,2,i}(v_0) + a_{2,i} \times \lg\left(\frac{v}{v_0}\right) \quad \text{dB} \quad \text{Για } h = 2$$

Όπου:

- v_0 είναι η ταχύτητα στην οποία ο αεροδυναμικός θόρυβος κυριαρχεί και ορίζεται στα 300 km/h $L_{W,0,1,i}$ είναι ηχητική ισχύς αναφοράς που καθορίζεται από δύο ή περισσότερα σημεία μέτρησης, για πηγές σε γνωστά ύψη πηγής, π.χ. στο ύψος του πρώτου φορείου
- $L_{W,0,2,i}$ είναι ηχητική ισχύς αναφοράς που καθορίζεται από δύο ή περισσότερα σημεία μέτρησης, για πηγές σε γνωστά ύψη πηγής, π.χ. στα ύψη της υποδοχής του παντογράφου
- $a_{1,i}$ είναι συντελεστής που καθορίζεται από δύο ή περισσότερα σημεία μέτρησης, για πηγές σε γνωστά ύψη πηγής, π.χ. στο ύψος του πρώτου φορείου
- $a_{2,i}$ είναι συντελεστής που καθορίζεται από δύο ή περισσότερα σημεία μέτρησης, για πηγές σε γνωστά ύψη πηγής, π.χ. στα ύψη της υποδοχής του παντογράφου.

Κατευθυντικότητα πηγής

Η οριζόντια κατευθυντικότητα $\Delta L_{W,dir,hor,i}$ σε dB δίνεται στο οριζόντιο επίπεδο και δύναται να θεωρηθεί εξ ορισμού ότι αποτελεί δίπολο για τις επιδράσεις από την κύλιση, τους κτύπους (στους αρμούς των τροχιών κ.λπ.), τα στριγκλίσματα, την πέδηση, τους ανεμιστήρες και τις αεροδυναμικές παραμέτρους, και δίνεται για κάθε i -οστή ζώνη συχνοτήτων ως εξής:

$$\Delta L_{W,dir,hor,i} = 10 \times \lg(0,01 + 0,99 \cdot \sin^2\varphi)$$

«Ο θόρυβος από γέφυρες μοντελοποιείται στην πηγή A ($h = 1$), για την οποία θεωρείται ότι η κατευθυντικότητα είναι προς όλες τις κατευθύνσεις (omni-directionality).»

«Η κάθετη κατευθυντικότητα $\Delta L_{W,dir,ver,i}$ σε dB δίνεται στο κάθετο επίπεδο για πηγή A ($h = 1$), ως συνάρτηση της κεντρικής ζώνης συχνοτήτων $f_{c,i}$ κάθε i -οστής ζώνης συχνοτήτων, και:

για $0 < \psi < \pi/2$ ως εξής

$$\Delta L_{W,dir,ver,i} = \left(\frac{40}{3} * \left[\frac{2}{3} * \sin(2 * \psi) - \sin(\psi) \right] * \lg \left[\frac{f_{c,i} + 600}{200} \right] \right)$$

για $-\pi/2 < \psi \leq 0$ ως εξής

$$\Delta L_{W,dir,ver,i} = 0$$

Για πηγή Β (h = 2) για την επίδραση του αεροδυναμικού θορύβου:

$$\Delta L_{W,dir,ver,i} = 10 \times \lg(\cos^2 \psi) \quad \text{για } \psi < 0$$

$\Delta L_{W,dir,ver,i} = 0$ αλλού

Η κατευθυντικότητα $\Delta L_{dir,ver,i}$ δεν λαμβάνεται υπόψη για πηγή Β (h = 2) όσον αφορά άλλες επιδράσεις, εφόσον για τις πηγές αυτές θεωρείται ότι η κατευθυντικότητα είναι προς όλες τις κατευθύνσεις (omni-directionality) σε αυτή τη θέση.

Πρόσθετες επιδράσεις

Διόρθωση για δομική ακτινοβολία (γέφυρες και κοιλαδογέφυρες)

Σε περίπτωση που το υπό εξέταση τμήμα της τροχιάς βρίσκεται σε γέφυρα, είναι απαραίτητο να ληφθεί υπόψη ο πρόσθετος θόρυβος που παράγεται από τους κραδασμούς της γέφυρας λόγω της διέγερσης που προκαλεί η παρουσία της αμαξοστοιχίας. Επειδή δεν είναι εύκολη η μοντελοποίηση των εκπομπών της γέφυρας ως πρόσθετης πηγής εκπομπών, δεδομένων των περίπλοκων σχημάτων των γεφυρών, χρησιμοποιείται η αύξηση του θορύβου κύλισης προκειμένου να ληφθεί υπόψη ο θόρυβος της γέφυρας. Η αύξηση μοντελοποιείται αποκλειστικά και μόνο με την προσθήκη μιας σταθερής αύξησης στην ηχητική ισχύ του θορύβου για κάθε τριτοκταβική ζώνη. Η ηχητική ισχύς μόνο του θορύβου κύλισης τροποποιείται όταν λαμβάνεται υπόψη η διόρθωση, και χρησιμοποιείται η νέα $L_{W,0,rolling\text{-}and\text{-}bridge,i}$ αντί της $L_{W,0,rolling\text{-}only,i}$:

$$L_{W,0,rolling\text{-}and\text{-}bridge,i} = L_{W,0,rolling\text{-}only,i} + C_{bridge} \quad \text{dB}$$

όπου C_{bridge} είναι μια σταθερά που εξαρτάται από τον τύπο της γέφυρας, και $L_{W,0,rolling\text{-}only,i}$ είναι η ηχητική ισχύς του θορύβου κύλισης σε μια δεδομένη γέφυρα, που εξαρτάται μόνο από το όχημα και τις ιδιότητες της τροχιάς.

Διόρθωση όσον αφορά άλλες πηγές θορύβου σχετικές με τη σιδηροδρομική κίνηση

Ενδέχεται να υφίστανται διάφορες πηγές, όπως αμαξοστάσια, χώροι φόρτωσης/εκφόρτωσης, σταθμοί, κώδωνες, μεγάφωνα σταθμού κ.λπ., οι οποίες σχετίζονται με τον θόρυβο σιδηροδρομικής κυκλοφορίας. Οι πηγές αυτές μπορούν να θεωρηθούν πηγές βιομηχανικού θορύβου (σταθερές πηγές θορύβου) και μοντελοποιούνται, κατά περίπτωση, σύμφωνα με το επόμενο κεφάλαιο περί βιομηχανικού θορύβου.

4. Ο ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΘΟΡΥΒΟΣ

Οι βιομηχανικές πηγές ποικίλλουν σημαντικά ως προς τις διαστάσεις. Μπορεί να πρόκειται για μεγάλες βιομηχανικές μονάδες, καθώς και για μικρές συμπυκνωμένες πηγές, όπως μικρά εργαλεία ή μηχανές σε λειτουργία που χρησιμοποιούνται σε εργοστάσια. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η χρήση κατάλληλης τεχνικής μοντελοποίησης για τη συγκεκριμένη υπό εξέταση πηγή. Ανάλογα με τις διαστάσεις και τον τρόπο με τον οποίο εκτείνονται οι διάφορες μεμονωμένες πηγές σε μια περιοχή, η καθεμιά από τις οποίες ανήκει στον ίδιο βιομηχανικό χώρο, αυτές μπορούν να μοντελοποιηθούν ως σημειακές, γραμμικές ή επιφανειακές πηγές. Στην πράξη, οι υπολογισμοί της επίδρασης του θορύβου βασίζονται πάντα σε σημειακές πηγές, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν αρκετές σημειακές πηγές για να αναπαραστήσουν μια πραγματική σύνθετη πηγή, η οποία εκτείνεται κυρίως πάνω σε μια γραμμή ή μέσα σε μια περιοχή.

Αριθμός και θέση ισοδύναμων ηχητικών πηγών: Οι πραγματικές ηχητικές πηγές μοντελοποιούνται μέσω ισοδύναμων ηχητικών πηγών που αναπαριστώνται από μία ή περισσότερες σημειακές πηγές, έτσι ώστε η συνολική ηχητική ισχύς της πραγματικής πηγής να αντιστοιχεί στο άθροισμα των μεμονωμένων ηχητικών πηγών που αποδίδονται σε διάφορες σημειακές πηγές.

Ακολουθούν οι γενικοί κανόνες που εφαρμόζονται για τον καθορισμό του αριθμού των σημειακών πηγών που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν:

- Οι γραμμικές ή επιφανειακές πηγές των οποίων η μεγαλύτερη διάσταση υπολείπεται του μισού της απόστασης μεταξύ της πηγής και του δέκτη δύναται να μοντελοποιηθούν ως μεμονωμένες σημειακές πηγές.
- Οι πηγές των οποίων η μεγαλύτερη διάσταση υπερβαίνει το μισό της απόστασης μεταξύ της πηγής και του δέκτη πρέπει να μοντελοποιούνται ως σειρά ασυνάρτητων σημειακών πηγών σε μια γραμμή ή ως σειρά ασυνάρτητων σημειακών πηγών σε μια περιοχή, έτσι ώστε να εκπληρώνεται ο όρος του «μισού» για καθεμία από αυτές τις πηγές. Η κατανομή σε μια περιοχή μπορεί να συμπεριλάβει την κάθετη κατανομή των σημειακών πηγών.
- Για πηγές των οποίων οι μεγαλύτερες διαστάσεις καθ' ύψος υπερβαίνουν τα 2 m ή βρίσκονται κοντά στο έδαφος, θα πρέπει να λαμβάνεται ειδική μέριμνα σχετικά με το ύψος της πηγής. Ο διπλασιασμός του αριθμού των πηγών, με ανακατανομή τους μόνο κατά τη συνιστώσα z, μπορεί να μην οδηγεί σε σημαντικά καλύτερο αποτέλεσμα για την εν λόγω πηγή.
- Στην περίπτωση οποιασδήποτε πηγής, ο διπλασιασμός του αριθμού των πηγών στην περιοχή της πηγής (σε όλες τις διαστάσεις) μπορεί να μην οδηγεί σε σημαντικά καλύτερο αποτέλεσμα.

Η θέση των ισοδύναμων ηχητικών πηγών δεν μπορεί να καθοριστεί, δεδομένου του μεγάλου αριθμού των διατάξεων που μπορεί να έχει ένας βιομηχανικός χώρος. Κανονικά εφαρμόζονται οι βέλτιστες πρακτικές.

Εκπομπές ηχητικής ισχύος: Τα ακόλουθα στοιχεία αποτελούν το πλήρες σύνολο των δεδομένων εισόδου για τους υπολογισμούς διάδοσης του ήχου με τις μεθόδους που θα χρησιμοποιηθούν για τη χαρτογράφηση του θορύβου:

- Φάσμα σταθμών εκπεμπόμενης ηχητικής ισχύος σε οκταβικές ζώνες
- Ώρες εργασίας (ημέρα, βράδυ, νύχτα, κατ' ετήσιο μέσο όρο)
- Θέση (συντεταγμένες x, y) και υψόμετρο (z) της πηγής θορύβου
- Τύπος πηγής (σημειακή, γραμμική, επιφανειακή)
- Διαστάσεις και προσανατολισμός
- Συνθήκες λειτουργίας της πηγής
- Κατευθυντικότητα της πηγής

Η ηχητική ισχύς της σημειακής, της γραμμικής και της επιφανειακής πηγής πρέπει οριστεί ως εξής:

- Για σημειακή πηγή, η ηχητική ισχύς L_w και η κατευθυντικότητα ως συνάρτηση των τριών ορθογώνιων συντεταγμένων (x, y, z).

- Μπορούν να οριστούν δύο τύποι γραμμικών πηγών:
- γραμμικές πηγές που αναπαριστούν ιμάντες μεταφοράς, αγωγούς κ.λπ., με ηχητική ισχύ ανά μέτρο μήκους L_w και κατευθυντικότητα ως συνάρτηση των δύο ορθογώνιων συντεταγμένων του άξονα της γραμμικής πηγής·
- γραμμικές πηγές που αναπαριστούν **κινούμενα οχήματα** και υπολογίζονται σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο

$$L_{w',eq,line,i,m} = L_{w,i,m} + 10 \times \lg \left(\frac{Q_m}{1000 \times v_m} \right)$$

Εάν θεωρήσουμε σταθερή ροή κυκλοφορίας Q_m οχημάτων της κατηγορίας m ανά ώρα, με μέση ταχύτητα v_m (σε km/h), η **κατευθυντική ηχητική ισχύς** ανά μέτρο στη ζώνη συχνοτήτων i της γραμμικής πηγής $L_{w',eq,line,i,m}$ ορίζεται σύμφωνα με τη σχέση ανωτέρω.

όπου $L_{w,i,m}$ είναι η **κατευθυντική ηχητική ισχύς ενός μεμονωμένου οχήματος**. Η $L_{w,m}$ εκφράζεται σε dB (re. 10⁻¹² W/m). Αυτές οι στάθμες ηχητικής ισχύος υπολογίζονται για κάθε οκταβική ζώνη i από 125 Hz έως 4 kHz.

Τα **δεδομένα ροής κυκλοφορίας Q_m** εκφράζονται ως ετήσιος μέσος όρος ανά ώρα, ανά χρονική περίοδο (ημέρα-βράδυ- νύχτα), ανά κατηγορία οχήματος και ανά γραμμική πηγή. Τα δεδομένα εισόδου ροής κυκλοφορίας που αντλούνται από μετρήσεις της κυκλοφορίας και από κυκλοφοριακά μοντέλα.

Η **ταχύτητα v_m** είναι η αντιπροσωπευτική ταχύτητα ανά κατηγορία οχήματος: είναι η **χαμηλότερη ταχύτητα** εκ των εξής δύο: της **μέγιστης νόμιμης ταχύτητας για το υπό εξέταση τμήμα της οδού** και της **μέγιστης νόμιμης ταχύτητας για την υπό εξέταση κατηγορία του οχήματος**. Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα τοπικών μετρήσεων, χρησιμοποιείται η μέγιστη νόμιμη ταχύτητα για την υπό εξέταση κατηγορία του οχήματος.

Για επιφανειακή πηγή, ηχητική ισχύς ανά τετραγωνικό μέτρο L_w/m^2 , και καθόλου κατευθυντικότητα (δύναται να είναι οριζόντια ή κάθετη).

Οι ώρες εργασίας αποτελούν βασικό δεδομένο εισόδου για τον υπολογισμό των σταθμών θορύβου. Οι ώρες εργασίας δίνονται για την ημέρα, το βράδυ και τη νύχτα και, εάν η διάδοση χρησιμοποιεί διάφορες μετεωρολογικές κατηγορίες που καθορίζονται για την καθεμία από τις περιόδους της ημέρας, της νύχτας και του βραδιού, δίνεται λεπτομερέστερη κατανομή των ωρών εργασίας σε υποπεριόδους που αντιστοιχούν στην κατανομή των μετεωρολογικών κατηγοριών. Τα στοιχεία αυτά βασίζονται στον ετήσιο μέσο όρο.

Η διόρθωση για τις ώρες εργασίας, που πρέπει να προστεθεί στη σημειακή ηχητική πηγή για τον καθορισμό της διορθωμένης ηχητικής ισχύος που θα χρησιμοποιηθεί για τους υπολογισμούς κάθε χρονικής περιόδου, C_w σε dB υπολογίζεται ως εξής:

$$C_w = 10 \times \lg \left(\frac{T}{T_{ref}} \right)$$

όπου :

T είναι ο ενεργός χρόνος της πηγής ανά περίοδο βάσει ετήσιας μέσης κατάστασης, σε ώρες
 T_{ref} είναι η χρονική περίοδος αναφοράς σε ώρες (π.χ. για την ημέρα είναι 12 ώρες, για το βράδυ είναι 4 ώρες και για τη νύχτα είναι 8 ώρες).

Για τις πιο κυρίαρχες πηγές, η διόρθωση για τον ετήσιο μέσο όρο ωρών εργασίας υπολογίζεται τουλάχιστον με ανοχή 0,5 dB προκειμένου να επιτευχθεί αποδεκτή ακρίβεια (που ισοδυναμεί με αβεβαιότητα μικρότερη του 10 % κατά τον ορισμό της ενεργού περιόδου της πηγής).

Κατευθυντικότητα πηγής: Η κατευθυντικότητα της πηγής συνδέεται σε μεγάλο βαθμό με τη θέση της ισοδύναμης ηχητικής πηγής σε παρακείμενες επιφάνειες. Δεδομένου ότι η μέθοδος διάδοσης εξαρτάται από την ανάκλαση και την ηχητική απορροφητικότητα της παρακείμενης επιφάνειας, είναι αναγκαίο να εξεταστεί προσεκτικά η θέση των παρακείμενων επιφανειών. Σε γενικές γραμμές, οι δύο αυτές περιπτώσεις πρέπει πάντα να διακρίνονται:

- Καθορίζεται και δίνεται η ηχητική ισχύς και κατευθυντικότητα μιας πηγής σε σχέση με μια συγκεκριμένη πραγματική πηγή όταν αυτή βρίσκεται σε ελεύθερο πεδίο (εξαιρουμένης της επίδρασης του εδάφους). Αυτό συμφωνεί με τους ορισμούς που αφορούν τη διάδοση, αν υποθεθεί ότι δεν υπάρχει παρακείμενη επιφάνεια σε απόσταση μικρότερη του 0,01 m από την πηγή και ότι οι επιφάνειες που βρίσκονται σε απόσταση 0,01 m και άνω περιλαμβάνονται στον υπολογισμό της διάδοσης.
- Καθορίζεται και δίνεται η ηχητική ισχύς και κατευθυντικότητα μιας πηγής σε σχέση με μια συγκεκριμένη πραγματική πηγή όταν αυτή είναι τοποθετημένη σε ειδική θέση και, ως εκ τούτου, η ηχητική ισχύς και κατευθυντικότητα της πηγής είναι στην πραγματικότητα «ισοδύναμη», δεδομένου ότι περιλαμβάνει τη μοντελοποίηση της επίδρασης των παρακείμενων επιφανειών. Ορίζεται «ημιελεύθερο πεδίο» σύμφωνα με τους ορισμούς που αφορούν τη διάδοση. Στην περίπτωση αυτή, οι μοντελοποιημένες παρακείμενες επιφάνειες εξαιρούνται από τον υπολογισμό της διάδοσης.

Η κατευθυντικότητα εκφράζεται στον υπολογισμό ως συντελεστής $\Delta L_{w,dir,xyz}$ (x, y, z) που προστίθεται στην ηχητική ισχύ για τη λήψη της ορθής κατευθυντικής ηχητικής ισχύος μιας ηχητικής πηγής αναφοράς η οποία λαμβάνεται υπόψη βάσει της διάδοσης του ήχου προς τη διεύθυνση που δίνεται. Ο συντελεστής μπορεί να δοθεί ως συνάρτηση του διανύσματος κατεύθυνσης, που ορίζεται από τα (x, y, z) με τον τύπο

$$\sqrt{x^2 + y^2 + z^2} = 1$$

Η εν λόγω κατευθυντικότητα μπορεί επίσης να εκφραστεί μέσω άλλων συστημάτων συντεταγμένων, όπως τα συστήματα γωνιακών συντεταγμένων.

5. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΟΡΥΒΟΥ ΚΑΙ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ ΣΤΑ ΚΤΙΡΙΑ

Σύμφωνα με την κατ' εξουσιοδότηση Οδηγία (ΕΕ) 2021/1226 με σκοπό την προσαρμογή στην επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο, του παραρτήματος II της οδηγίας 2002/49/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά τις κοινές μεθόδους αξιολόγησης του θορύβου προβλέπεται ότι :

- Για την εκτίμηση της έκθεσης του πληθυσμού σε θόρυβο, πρέπει να εξετάζονται **μόνο κτίρια κατοικιών**.
- Δεν πρέπει να συσχετίζονται πρόσωπα με άλλα κτίρια, τα οποία δεν χρησιμοποιούνται για κατοικία, όπως **σχολεία, νοσοκομεία, κτίρια γραφείων και εργοστάσια**.
- Ο συσχετισμός του πληθυσμού με κτίρια κατοικιών βασίζεται στα πλέον πρόσφατα επίσημα στοιχεία (ανάλογα με τους σχετικούς κανονισμούς του κράτους μέλους π.χ. Απογραφή Στατιστικής Υπηρεσίας 2011).

Προσδιορισμός της περιοχής που είναι εκτεθειμένη σε θόρυβο

Η εκτίμηση της περιοχής που είναι εκτεθειμένη σε οδικό θόρυβο βασίζεται σε σημεία αξιολόγησης του θορύβου σε ύψος $4 \text{ m} \pm 0,2$ πάνω από το έδαφος, τα οποία αντιστοιχούν στα σημεία δεκτών, όπως ορίζονται στην σχετική Οδηγία, υπολογιζόμενα σε πλέγμα για μεμονωμένες πηγές. Τα σημεία πλέγματος που βρίσκονται εντός κτιρίων συσχετίζονται με αποτέλεσμα επιπέδου θορύβου, με τον ορισμό των πλέον ήσυχων παρακείμενων σημείων δέκτη θορύβου εκτός κτιρίων (εκτός από τον αεροπορικό θόρυβο, όπου ο υπολογισμός πραγματοποιείται χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η παρουσία κτιρίων και στην οποία περίπτωση χρησιμοποιείται άμεσα το σημείο δέκτη θορύβου που βρίσκεται εντός του κτιρίου). Ανάλογα με την ανάλυση του πλέγματος, η αντίστοιχη περιοχή συσχετίζεται με κάθε σημείο υπολογισμού στο πλέγμα. Για παράδειγμα, με πλέγμα $10 \text{ m} \times 10 \text{ m}$, κάθε σημείο αξιολόγησης αντιπροσωπεύει περιοχή 100 τετραγωνικών μέτρων που είναι εκτεθειμένη στο υπολογιζόμενο επίπεδο θορύβου.

Ορισμός σημείων αξιολόγησης του θορύβου σε κτίρια που δεν περιέχουν κατοικίες

Η εκτίμηση της έκθεσης των κτιρίων που δεν περιέχουν κατοικίες, όπως σχολεία και νοσοκομεία, στον θόρυβο βασίζεται σε σημεία αξιολόγησης του θορύβου σε ύψος $4 \pm 0,2 \text{ m}$ πάνω από το έδαφος, τα οποία αντιστοιχούν στα σημεία δεκτών όπως ορίζονται στην σχετική Οδηγία (ιδιαίτερα για την εκτίμηση των κτιρίων που δεν περιέχουν κατοικίες και είναι εκτεθειμένα σε αεροπορικό θόρυβο, κάθε κτίριο συνδέεται με το πιο θορυβώδες σημείο δέκτη θορύβου που βρίσκεται εντός του ίδιου του κτιρίου ή, εάν δεν υπάρχει, στο πλέγμα γύρω από το κτίριο).

Για την εκτίμηση των κτιρίων που δεν περιέχουν κατοικίες και είναι εκτεθειμένα σε πηγές θορύβου που βρίσκονται επί του εδάφους (οδικός), τα σημεία δεκτών τοποθετούνται σε απόσταση περίπου $0,1 \text{ m}$ μπροστά από τις προσόψεις των κτιρίων. Οι ανακλάσεις από την υπό εξέταση πρόσοψη εξαιρούνται από τον υπολογισμό. Στη συνέχεια, το κτίριο συνδέεται με το πιο θορυβώδες σημείο δέκτη στις προσόψεις του.

Προσδιορισμός των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες εκτεθειμένες σε θόρυβο

Για την εκτίμηση της έκθεσης των κατοικιών σε θόρυβο και της έκθεσης των ατόμων που ζουν σε κατοικίες, πρέπει να εξετάζονται μόνο κτίρια κατοικιών. Δεν πρέπει να συσχετίζονται κατοικίες ή άτομα με άλλα κτίρια, τα οποία δεν χρησιμοποιούνται για κατοικία, όπως κτίρια που χρησιμοποιούνται αποκλειστικά ως σχολεία, νοσοκομεία, κτίρια γραφείων και εργοστάσια. Ο συσχετισμός των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες με κτίρια κατοικιών βασίζεται στα πλέον πρόσφατα επίσημα στοιχεία (ανάλογα με τους σχετικούς κανονισμούς του κράτους μέλους). Ο αριθμός των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες, σε κτίρια κατοικιών, αποτελούν σημαντικές ενδιάμεσες παραμέτρους για την εκτίμηση της έκθεσης σε θόρυβο. Δυστυχώς, τα στοιχεία για τις παραμέτρους αυτές δεν είναι πάντα διαθέσιμα. Κάτωθι διευκρινίζεται πώς οι παράμετροι αυτές δύνανται να εξαχθούν βάσει δεδομένων που δύνανται να βρεθούν ευκολότερα. Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται κατωτέρω είναι :

BA	= base area of the building (βασική έκταση του κτιρίου)
DFS	= dwelling floor space (εμβαδόν κατοικίας)
DUFS	= dwelling unit floor space (εμβαδόν μονάδας κατοικίας)
H	= height of the building (ύψος του κτιρίου)
FSI	= dwelling floor space per person living in dwellings (εμβαδόν κατοικίας ανά άτομο που ζει σε κατοικίες)
Dw	= number of dwellings (αριθμός κατοικιών)
Inh	= number of people living in dwellings (αριθμός ατόμων που ζουν σε κατοικίες)
NF	= number of floors (αριθμός ορόφων)
V	= volume of residential buildings (όγκος κτιρίων κατοικιών)

Για τον υπολογισμό του αριθμού των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες, χρησιμοποιείται η ακόλουθη διαδικασία της περίπτωσης 1 ή της περίπτωσης 2 ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των δεδομένων.

Περίπτωση 1:

Τα δεδομένα σχετικά με τον αριθμό των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες είναι διαθέσιμα

1A:

Ο αριθμός των ατόμων που ζουν σε κατοικίες είναι γνωστός ή έχει εκτιμηθεί βάσει του αριθμού των μονάδων κατοικίας. Στην περίπτωση αυτή, ο αριθμός των ατόμων που ζουν σε κατοικίες για το κτίριο ισούται με το άθροισμα του αριθμού των ατόμων που ζουν σε όλες τις μονάδες κατοικίας

$$Inh_{building} = \sum_{i=1}^n Inh_{dwellingunit_i}$$

1B:

Ο αριθμός των κατοικιών ή των ατόμων που ζουν σε κατοικίες είναι γνωστός μόνο για οντότητες μεγαλύτερες του ενός κτιρίου, π.χ. περιοχές απογραφής, συνοικίες ή έναν ολόκληρο δήμο. Στην περίπτωση αυτή, ο αριθμός των κατοικιών ή των ατόμων που ζουν σε κατοικίες για το κτίριο εκτιμάται βάσει του όγκου του:

$$Dw_{building} = \frac{V_{building}}{V_{total}} \times Dw_{total}$$

$$Inh_{building} = \frac{V_{building}}{V_{total}} \times Inh_{total}$$

Ο δείκτης “total” (σύνολο) αφορά εν προκειμένω την αντίστοιχη υπό εξέταση οντότητα. Ο όγκος του κτιρίου ισούται με το γινόμενο του εμβαδού βάσης του επί το ύψος του:

$$V_{building} = BA_{building} \times H_{building}$$

Εάν δεν είναι γνωστό το ύψος του κτιρίου, εκτιμάται βάσει του αριθμού των ορόφων του $NF_{building}$, θεωρώντας ότι το μέσο ύψος ορόφου είναι 3 m:

$$H_{building} = NF_{building} \times 3m$$

Εάν δεν είναι γνωστός ούτε ο αριθμός των ορόφων, χρησιμοποιείται μια προκαθορισμένη τιμή για τον αριθμό ορόφων, η οποία θεωρείται αντιπροσωπευτική για την περιοχή ή τον δήμο. Ο συνολικός

όγκος των κτιρίων κατοικίας στην υπό εξέταση οντότητα V_{total} υπολογίζεται ως το άθροισμα των όγκων όλων των κτιρίων κατοικίας της οντότητας:

$$V_{total} = \sum_{i=1}^n V_{building_i}$$

Περίπτωση 2:

Δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα σχετικά με τον αριθμό των ατόμων που ζουν σε κατοικίες

Στην περίπτωση αυτή, ο αριθμός των ατόμων που ζουν σε κατοικίες υπολογίζεται βάσει του μέσου εμβαδού κατοικίας ανά άτομο που ζει σε κατοικίες FSI. Εάν δεν είναι γνωστή η παράμετρος αυτή, χρησιμοποιείται μια προεπιλεγμένη τιμή.

2Α:

Το εμβαδόν του χώρου κατοικίας είναι γνωστό βάσει των μονάδων κατοικίας.

Στην περίπτωση αυτή, ο αριθμός των ατόμων που ζουν σε κάθε μονάδα κατοικίας υπολογίζεται ως εξής:

$$Inh_{dwelling_{unit_i}} = \frac{DUFS_i}{FSI}$$

Ο συνολικός αριθμός των ατόμων που ζουν σε κατοικίες για το κτίριο δύναται να εκτιμηθεί όπως και στην περίπτωση 1Α.

2Β:

Το εμβαδόν του χώρου κατοικίας είναι γνωστό για το σύνολο του κτιρίου, ήτοι είναι γνωστό το άθροισμα των εμβαδών χώρων κατοικίας όλων των μονάδων κατοικίας του κτιρίου. Στην περίπτωση αυτή, ο αριθμός των ατόμων που ζουν σε κατοικίες υπολογίζεται ως εξής:

$$Inh_{building} = \frac{DFS_{building}}{FSI}$$

2Γ:

Το εμβαδόν του χώρου κατοικίας είναι γνωστό μόνο για οντότητες μεγαλύτερες του ενός κτιρίου, π.χ. περιοχές απογραφής, συνοικίες ή έναν ολόκληρο δήμο.

Στην περίπτωση αυτή, ο αριθμός των ατόμων που ζουν σε κατοικίες για το κτίριο εκτιμάται βάσει του όγκου του κτιρίου όπως περιγράφεται στην περίπτωση 1Β, ενώ ο συνολικός αριθμός των ατόμων που ζουν σε κατοικίες εκτιμάται ως εξής:

$$Inh_{total} = \frac{DFS_{total}}{FSI}$$

2Δ:

Το εμβαδόν χώρου κατοικίας είναι άγνωστο.

Στην περίπτωση αυτή, ο αριθμός των ατόμων που ζουν σε κατοικίες για το κτίριο εκτιμάται όπως περιγράφεται στην περίπτωση 2Β, ενώ το εμβαδόν χώρου κατοικίας εκτιμάται ως εξής:

$$DFS_{building} = BA_{building} \times 0.8 \times NF_{building}$$

Ο συντελεστής 0,8 είναι ο συντελεστής μετατροπής μεικτού εμβαδού → εμβαδόν χώρου κατοικίας. Εάν είναι γνωστό ότι υπάρχει διαφορετικός συντελεστής που είναι αντιπροσωπευτικός για την περιοχή, τότε χρησιμοποιείται και τεκμηριώνεται σαφώς αυτός αντί του προαναφερθέντος συντελεστή. Εάν δεν είναι γνωστός ο αριθμός των ορόφων του κτιρίου, τότε υπολογίζεται βάσει του ύψους του κτιρίου, $H_{building}$, με τον οποίο υπολογισμό προκύπτει συνήθως μη ακέραιος αριθμός ορόφων:

$$NF_{building} = \frac{H_{building}}{3m}$$

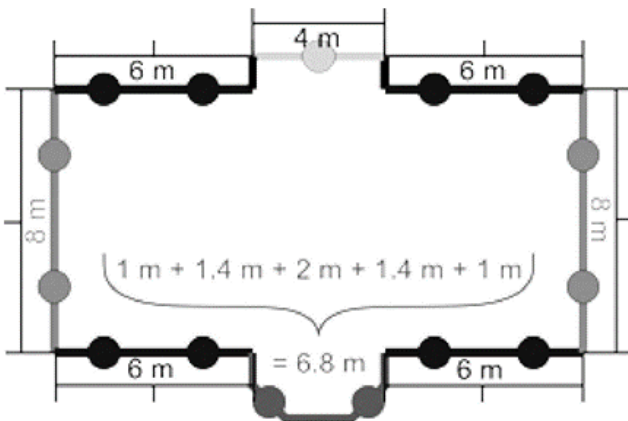
Εάν δεν είναι γνωστό ούτε το ύψος του κτιρίου ούτε ο αριθμός ορόφων, τότε χρησιμοποιείται μια προεπιλεγμένη τιμή για τον αριθμό ορόφων αντιπροσωπευτική για την περιοχή ή το δήμο.

Ορισμός σημείων αξιολόγησης του θορύβου σε κατοικίες και άτομα που ζουν σε κατοικίες

Η εκτίμηση της έκθεσης των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες στον θόρυβο βασίζεται σε σημεία αξιολόγησης του θορύβου σε ύψος $4 \pm 0,2$ m πάνω από το έδαφος, τα οποία αντιστοιχούν στα σημεία δεκτών ως ανωτέρω. Για τον υπολογισμό του αριθμού των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες, όσον αφορά τον αεροπορικό θόρυβο, όλες οι κατοικίες και τα άτομα που ζουν σε κατοικίες ενός κτιρίου συνδέονται με το πιο θορυβώδες σημείο δέκτη θορύβου που βρίσκεται εντός του ίδιου του κτιρίου ή, εάν δεν υπάρχει, στο πλέγμα γύρω από το κτίριο. Για τον υπολογισμό του αριθμού των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες, όσον αφορά πηγές θορύβου που βρίσκονται επί του εδάφους, τα σημεία δεκτών τοποθετούνται σε απόσταση περίπου 0,1 m μπροστά από τις προσόψεις κτιρίων κατοικιών. Οι ανακλάσεις από την υπό εξέταση πρόσοψη εξαιρούνται από τον υπολογισμό.

Για τον εντοπισμό των σημείων δεκτών, χρησιμοποιείται η ακόλουθη διαδικασία της περίπτωσης 1 ή της περίπτωσης 2.

Περίπτωση 1: Προσόψεις που υποδιαιρούνται σε τακτά διαστήματα σε κάθε πρόσοψη

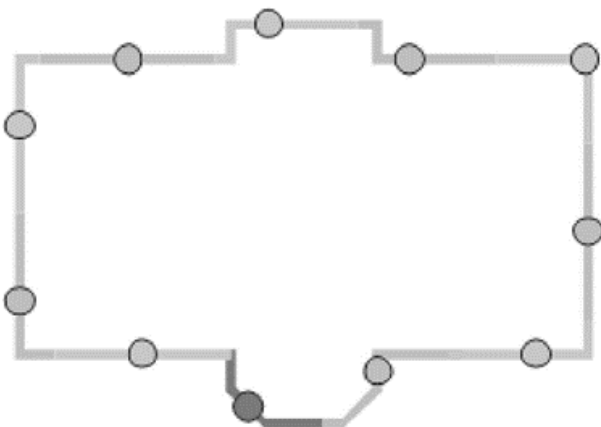


α) Τα τμήματα που έχουν μήκος άνω των 5 m υποδιαιρούνται σε τακτά διαστήματα με το μεγαλύτερο δυνατό μήκος, το οποίο όμως δεν υπερβαίνει τα 5 m. Τα σημεία δεκτών τοποθετούνται στο μέσο του κάθε τακτού διαστήματος.

β) Τα εναπομείναντα τμήματα μήκους άνω των 2,5 m αναπαρίστανται από ένα σημείο δέκτη στο μέσο κάθε τμήματος.

γ) Τα εναπομείναντα παρακείμενα τμήματα συνολικού μήκους άνω των 5 m θεωρούνται πολυγραμμικά αντικείμενα κατά τρόπο παρόμοιο με αυτόν που περιγράφεται στα στοιχεία α) και β).

Περίπτωση 2: προσόψεις που υποδιαιρούνται σε καθορισμένη απόσταση από το αρχικό σημείο του πολυγώνου



α) Οι προσόψεις εξετάζονται χωριστά ή υποδιαιρούνται ανά 5 m από τη θέση έναρξης και μετά, με τη θέση δέκτη να τοποθετείται στο μέσον του ημίσεος της απόστασης της πρόσοψης ή του τμήματος των 5 m.

β) Όσον αφορά το εναπομείναν τμήμα, το σημείο δέκτη βρίσκεται στο μέσο του.

Ορισμός κατοικιών και ατόμων που ζουν σε κατοικίες σε σημεία δεκτών

✓ Όταν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με τη θέση των κατοικιών στο περίγραμμα του κτιρίου, η εν λόγω κατοικία και τα άτομα που ζουν στην εν λόγω κατοικία συσχετίζονται με το

σημείο δέκτη στην πιο εκτεθειμένη πρόσοψη της εν λόγω κατοικίας. Για παράδειγμα, για μονοκατοικίες πανταχόθεν ελεύθερες, ημι-ελεύθερα σπίτια και μεζονέτες, ή πολυκατοικίες, όπου είναι γνωστή η εσωτερική κατάτμηση του κτιρίου, ή για κτίρια που έχουν εμβαδό που καταδεικνύει την ύπαρξη μίας κατοικίας ανά όροφο ή για κτίρια που έχουν εμβαδό και ύψος που καταδεικνύουν την ύπαρξη μίας κατοικίας ανά κτίριο.

- ✓ Όταν δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με τη θέση των κατοικιών στο περίγραμμα του κτιρίου, όπως εξηγείται ανωτέρω, χρησιμοποιείται μία από τις δύο ακόλουθες μεθόδους, κατά περίπτωση, για κάθε κτίριο χωριστά για την εκτίμηση της έκθεσης σε θόρυβο των κατοικιών και των ατόμων σε κατοικίες εντός των κτιρίων.

α) Τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν ότι οι κατοικίες είναι διατεταγμένες εντός της πολυκατοικίας με τέτοιον τρόπο ώστε να έχουν μία μόνο πρόσοψη εκτεθειμένη σε θόρυβο

Στην περίπτωση αυτή, η σύνδεση του αριθμού των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες με τα σημεία δεκτών σταθμίζεται βάσει του μήκους της αναπαριστώμενης πρόσοψης, σύμφωνα με τη διαδικασία της περίπτωσης 1 ή της περίπτωσης 2, έτσι ώστε το άθροισμα όλων των σημείων δεκτών να αναπαριστά τον συνολικό αριθμό των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες που συσχετίζονται με το κτίριο.

β) Τα διαθέσιμα στοιχεία δείχνουν ότι οι κατοικίες είναι διατεταγμένες εντός της πολυκατοικίας με τέτοιον τρόπο ώστε περισσότερες από μία προσόψεις να είναι εκτεθειμένες σε θόρυβο ή δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία σχετικά με τον αριθμό των προσόψεων των κατοικιών που είναι εκτεθειμένες σε θόρυβο.

Στην περίπτωση αυτή, για κάθε κτίριο, το σύνολο των σχετικών θέσεων του δέκτη διαιρείται σε ένα κατώτερο και ένα ανώτερο ήμισυ με βάση τη διάμεση * τιμή των υπολογιζόμενων επιπέδων εκτίμησης για κάθε κτίριο. Σε περίπτωση περιττού αριθμού σημείων δεκτών, εφαρμόζεται η διαδικασία, εξαιρουμένης της θέσης του δέκτη με το χαμηλότερο επίπεδο θορύβου.

Για κάθε σημείο δέκτη στο ανώτερο ήμισυ του συνόλου δεδομένων, ο αριθμός των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες κατανέμεται ισομερώς, έτσι ώστε το άθροισμα όλων των σημείων δεκτών στο ανώτερο ήμισυ του συνόλου δεδομένων να αναπαριστά τον συνολικό αριθμό των κατοικιών και των ατόμων που ζουν σε κατοικίες. Δεν θα συσχετίζονται κατοικίες ή άτομα που ζουν σε κατοικίες σε δέκτες στο κατώτερο ήμισυ του συνόλου δεδομένων **.

Σημ.:

* Η διάμεση τιμή είναι η τιμή που χωρίζει το ανώτερο ήμισυ (50 %) από το κατώτερο ήμισυ (50 %) ενός συνόλου δεδομένων.

** Το κατώτερο ήμισυ του συνόλου δεδομένων μπορεί να εξομοιωθεί με την παρουσία σχετικά ήσυχων προσόψεων. Σε περίπτωση που είναι γνωστό εκ των προτέρων, π.χ. βάσει της θέσης των κτιρίων σε σχέση με τις κυρίαρχες πηγές θορύβου, σε ποιες θέσεις δεκτών θα παρατηρηθούν τα υψηλότερα/χαμηλότερα επίπεδα θορύβου, δεν απαιτείται ο υπολογισμός του θορύβου για το κατώτερο ήμισυ.»