

POLUAREA FONICĂ ÎN TRANSPORTUL FERROVIAR ȘI FERROVIAR URBAN

Ing. Alexandru GĂTLAN

Inspector-șef teritorial ISF - AFER, București

REZUMAT. Uniunea Europeană are unul dintre cele mai dinamice sisteme de transport din lume, 8,2 milioane de persoane fiind angajate în sectorul de transport, 64% dintre ele lucrând în transporturile terestre. Printre principalele provocări actuale cu care se confruntă omenirea, identificate și gestionate de Uniunea Europeană, sunt: intensificarea traficului în centrele orașelor conduce la aglomerări, congestii de trafic, întâzieri, blocaje, stres; poluarea atmosferică, ca urmare a emisiilor de gaze cu efect de seră, asociată cu încălzirea globală; poluarea fonică în continuă creștere; numărul mare de accidente. Având în vedere că zonele urbane ale UE reprezintă aproximativ 60% din populație și asigură peste 85% din PIB, se impun măsuri care să conducă la creșterea calității vieții în zonele urbane. Se pornește de la definirea sistemului climatic, identificarea obiectivelor Conferinței Kyoto 1977 și influența transportului asupra mediului-poluării fonice. Se tratează zgomotul ca sursă de poluare, standarde tehnice de interoperabilitate, limite ale zgomotului pentru diverse vehicule, factor de risc pentru sănătate. Se identifică surse de poluare în transportul feroviar-feroviar urban și se identifică metode de combatere a poluării fonice în transportul feroviar și feroviar urban.

Cuvinte cheie: transport pe șină, efecte externe, poluare fonică.

ABSTRACT. European Union has one of the most dynamic transport system in the world, 8.2 mil. persons being employed in transport sector, 64% working in terrestrial transports. Among the main actual challenges identified and managed by EU, that mankind deals with, there are: increased traffic in towns centers leads to congestion, traffic congestion, delays, bottlenecks, stress; air pollution, due to emissions of greenhouse gases, associated with global warming; noise pollution in continuous growth; increasing accident rates. Taking into consideration that EU's urban areas represent approximately 60% of population and provides over 85% of GDP, measures that increase life quality, especially in urban areas, are required. First we define the climate system, we identify the objective of Kyoto Conference (1977) and transport influence on the environment – noise pollution. Noise is treated as a source of pollution, technical standards for interoperability, noise boundaries for certain vehicles, health risk factor. Sources of pollution in rail and road transport and methods for eliminating noise pollution in rail and road transport are identified.

Keyword: rail transport, external effects, noise pollution.

1. INTRODUCERE

1.1. Unele aspecte privind transporturile și mediul

Sistemul climatic reprezintă ansamblul care înglobează atmosfera, hidrosfera, biosfera, geosfera precum și interacțiunile lor. Variațiile pe termen scurt ale acestui ansamblu sunt cunoscute sub denumirea de *fluctuații/oscilații*, în timp ce variațiile pe termen lung sunt asociate cu *schimbările climatice*.

Schimbarea climei este determinată de următorii factori:

➤ interni – interacțiuni ale componentelor sistemului climatic;

➤ externi naturali – variația energiei emise de soare, erupții vulcanice;

➤ *externi antropogeni* (fenomene datorate acțiunii omului, cu urmări în special asupra climei, evoluției reliefului etc.) - schimbarea compoziției atmosferei ca urmare a creșterii concentrației gazelor cu efect de seră rezultate din activitățile umane.

Efectul direct, iminent și logic al poluării atmosferei este **diminuarea permanentă a calității vieții** pe Pământ. Pentru contracararea acestui fenomen, printre cele mai deosebite măsuri luate la nivel mondial, în decembrie 1977, la Kyoto în Japonia a fost încheiat un *Acord internațional privind mediul* – KP, protocolul fiind negociat de către 160 de țări.

1.2. Influența transportului asupra mediului

Poluarea aerului, definită prin prezența în atmosferă a substanțelor și energiilor în cantități și durate superioare și care perturbă întregile activități generate, este realizată de degajarea de căldură și zgomot în atmosferă.

Aproximativ 65 % din populația Uniunii Europene este expusă la nivele inacceptabil de înalte de zgomot, în cea mai mare parte produs de traficul urban, generând atât disconfort, cât și probleme de sănătate.

Alte surse avansează valoarea de 40 % din populația UE care este expusă zgomotului traficului la un nivel de presiune sonoră depășind 55 dBA în timpul zilei și 20 % la niveluri depășind 65 dBA.

Uniunea Europeană are unul dintre cele mai dinamice sisteme de transport din lume, 8,2 milioane de persoane fiind angajate în sectorul de transport, 64% din ele lucrând în transporturile terestre.

În întreaga Europă, intensificarea traficului în centrele orașelor a condus la un fenomen de aglomerație cronică, cu numeroase consecințe nefaste din punct de vedere al întârzierilor și al poluării mediului. Economia europeană pierde anual aproape 100 miliarde de euro, sau 1% din PIB-ul UE, ca urmare a acestui fenomen.

Printre principalele provocările actuale cu care se confruntă omenirea sunt:

- intensificarea traficului în centrele orașelor conduce la aglomerări, congestii de trafic, întârzieri, blocaje, stres;
- poluarea atmosferică, ca urmare a emisiilor de gaze cu efect de seră, asociată cu încălzirea globală;
- poluarea fonică în continuă creștere;
- numărul mare de accidente.



Foto 1, 2. Aspecte de poluare în transportul feroviar (zgomot de rulare, gaze).

Având în vedere că zonele urbane ale UE reprezintă aproximativ 60% din populație și asigură peste 85% din PIB, se impun măsuri care să conducă la creșterea calității vieții mai ales în zonele urbane.

Comisia Mondială asupra mediului și dezvoltării a ONU a implementat conceptul de dezvoltare durabilă, preluat și dezvoltat de Comisia Europeană, care a prezentat strategii în domeniul protecției mediului, unele cu aplicații în transportul public feroviar urban.

Jacques Barrot, fost comisar pentru transport declara că emisiile de CO₂, încălzirea globală, poluarea fonică, constituie provocări fără precedent pentru omenire dar și un stimulent pentru asigurarea unei mobilități durabile, chestiune susținută și de Antonio Tajani și de actualul comisar pentru transport, estonianul Siim Kallas.

Cartea Verde: sept 2007 – „Către o nouă cultură a mobilității urbane” reprezintă documentul prin care Comisia Europeană supune atenției factorilor decidenți la nivel european aspecte legate de mediu, identificând o serie de obiective prioritare:

- 1) orașe cu trafic mai fluid;
- 2) orașe mai puțin poluate-mai curate;
- 3) un transport public urban mai inteligent;
- 4) un transport public urban mai accesibil;
- 5) un transport urban în condiții de siguranță și securitate.

Transportul electric pe șină, feroviar și mai ales cel feroviar urban, reprezintă o soluție eficientă pentru contracararea provocărilor menționate, răspunzând și obiectivelor identificate de CE prin Cartea Verde.



Foto 3, 4, 5. Tipuri de mijloace de transport feroviar ecologice.

Desigur, alternativa o reprezintă sistemul de *transport neconvențional*, pe pernă magnetică, sistemul MAGLEV, *având la bază sustentarea magnetică*: lipsa contactului între calea de ghidare și vehicul, viteze de circulație ridicate, accelerații mai bune, pot urca pante mai mari (10%0), nu există riscul de deraiere, randament energetic superior, mai puțină poluare fonică, confort ridicat.



Transrapid Pudong Shanghai



Transrapid pe pista de la Lathen

Foto 6. Trenuri Maglev Transrapid

Viteza de circulație prevăzută pentru sistemul Transrapid se situează în intervalul 500 – 550 km/h.

Aspectele privind *zgomotul aerodinamic* au acoperit în mod esențial aplicații precum cele legate de zgomotele de jet, unde scurgerile de aer sunt supersonice în spațiu liber.

Dacă zgomotul de rulare a fost complet îndepărtat, iată acum intervine zgomotul aerodinamic, pe care unii constructori l-au diminuat, cel puțin în zonele urbane, prin rularea cu viteze mici, pe roți sau pneuri, levitația intervenind la viteze superioare.

2. SURSE DE POLUARE FONICĂ ÎN TRANSPORTUL FERROVIAR

2.1. Surse de poluare a solului în transportul feroviar

Ca surse de poluare a solului (și pentru apele subterane) datorită transportului feroviar, de menționat ar fi:

- depozitarea și manipularea produselor petroliere, depozitarea cărbunelui, rampele de descărcare a vagoanelor defazate, depozitarea necontrolată a deșeurilor menajere, spălarea vehiculelor etc.

- activitatea de întreținere a vehiculelor implică curățarea acestora, precum și a atelierelor destinate acestor activități și, implicit, a mediului din imediata vecinătate a acestora.

- vibrațiile transmise de calea de rulare sau de vehicul, de contactul roată-șină:

- neuniformitățile verticale și transversale ale căii și discontinuitățile de la joante;

- calarea fixă a celor două roți pe aceeași osie și conicitățile inversate ale suprafețelor de rulare, care produc o mișcare de șerpuire a osiei ce se transmite maselor suspendate ale vehiculului;

- defectele roților de pe suprafețele de rulare reprezintă o sursă importantă de vibrații.



Foto 7. Locomotivă electrică tractează un tren greu.

2.2. Sursele de poluare a aerului transportul feroviar

Dintre sursele de poluare a aerului transportul public feroviar de menționat ar fi:

- gazele de ardere provocate de combustia internă a motoarelor termice din dotarea locomotivelor diesel, fumul la coșul locomotivelor cu abur;

- reziduurile fluide gazoase provocate de emisia vaporilor de acizi de la atelierul de întreținere a acumulatorilor;

- gazele de ardere de la centralele termice, pentru asigurarea necesarului de abur tehnologic;

- zgomotul poate produce la rândul său reacții directe ale urechii și chiar ale întregului organism și se evidențiază sub următoarele aspecte și anume:

- zgomotul la circulația vehicule feroviare (zgomotul de rulare) ce apare ca rezultat al interacțiunii dintre roată - șină, fiind principala sursă de zgomot;

- zgomotul datorat funcționării motorului Diesel, a motoarelor de tracțiune, a sistemelor de transmisii, a motoarelor auxiliare și a celorlalte aparataje, din construcția unei locomotive;

- zgomotul aerodinamic, care are un nivel mai scăzut decât zgomotul de rulare.

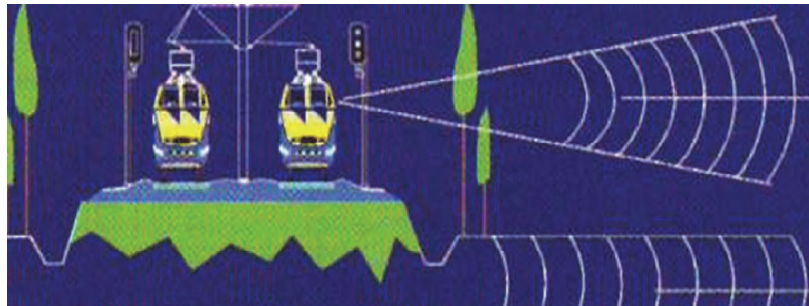


Fig. 1. Propagarea zgomotului

Zgomotul de rulare se propagă în interiorul vagonului atât prin conducție (pe cale aeriană cât și prin mediu solid), cât și prin convecție. Înainte de a se propaga, zgomotele generate de rularea roților metalice pe șină sunt reflectate de podeaua vagonului.

Zgomotul de origine aerodinamică vizează în special trenurile de mare viteză (peste 250 km/oră).

2.3. Aspecte ale zgomotului de rulare

Rularea cu oscilații laterale în parcurs a vehiculelor feroviare de călători și de marfă este o problemă cunoscută pentru căile ferate cu ecartament normal. Mișcările laterale reprezintă o problemă particulară care cauzează disconfortul călătorilor, iar în cazuri majore, viteza de operare trebuie să fie redusă.

Această problemă poate fi diminuată prin modificarea limitei Prud'homme la vehicule și prin îmbunătățirea rezistenței laterale a căii de rulare, putându-se utiliza contrașine.

Forțele dinamice variabile laterale, existente între vehicul și cale pot fi generate de șină și de profilul roții, care sunt concepute pentru a îmbunătăți contactul roată – șină, autoghidarea.

Suspensia laterală și caracteristicile de rulare ale vehiculului contribuie la marimea forțelor laterale.

Geometria căii reprezintă un alt element critic, iar întreținerea eficientă este esențială. Cercetările realizate de André Prud'homme la SNCF în perioada 1950- 1960 au condus la concluzia că dacă forța laterală exercitată repetat de osie asupra șinei nu depășește o anumită valoare H , deviațiile de la zero nu se adună la nesfârșit, iar deviația finală este stabilită în limitele acceptabile. Valoarea limită este reprezentată de forța laterală H :

$$H = 10 + 0,33 P, \quad (1)$$

unde: H [kN] reprezintă forța laterală; P [kN] – sarcina statică pe osie.

Această relație a fost concepută inițial pentru șina cu traverse de lemn prinse în balast, fără variații termice. Prud'homme a extins mai târziu cercetările

sale pentru a ține cont și de variații termice din șina sudată și a aplicat un factor de multiplicare de 0,85, iar forma finală a limitei Prud'homme este:

$$H = 0,85(10 + 0,33 P). \quad (2)$$

Considerând prima abordare, grosimea laterală a șinei, în vederea determinării acțiunii perturbatoare a deformației sinusoidale a căii de rulare în plan vertical, se vor determina pe rând rezultanta forțelor exterioare și respectiv momentul static raportat la o axa care trece prin centrul de greutate al vehiculului.

Datorită deplasării punctului de contact roată-șină, respectiv a centrului roții și a punctelor de rezemare a arcurilor, pe o sinusoidă, ansamblului suspendat al vehiculului i se va transmite prin intermediul suspensiei o forță perturbatoare, care se poate descompune într-o serie Fourier, a cărei armonică fundamentală este dată de relația:

$$z_s = \frac{h}{2} \sin \frac{2\pi}{l_s} x, \quad (3)$$

pentru care: amplitudinea cea mai mare este egală cu $h/2$, lungimea de undă este egală cu lungimea șinei l_s ; z_s – valoarea curentă a ordonatelor sinusoidale; R – forța rezultantă perturbatoare aplicată centrului de elasticitate al vehiculului;

În figura 2 se ilustrează a doua abordare bazată pe sarcina exterioară proporțională a osiei. Astfel, sarcina pe roată P se distribuie uniform:

$$P/2 = Q \text{ (sarcina osiei) la fiecare șină.} \quad (4)$$

Forța orizontală H (fig. 2) care acționează în centrul de greutate, la înălțimea c față de vârful șinei, întâmpină rezistență din partea forțelor orizontale H_1 și $(H - H_1)$ care acționează la nivelul șinei.

De asemenea, se creează o variație de sarcină a osiei:

$$R = Hc/g, \quad (5)$$

unde g reprezintă distanța dintre centrele liniei (1500 mm pentru ecartamentul normal și 1065 mm pentru ecartamentul metric).

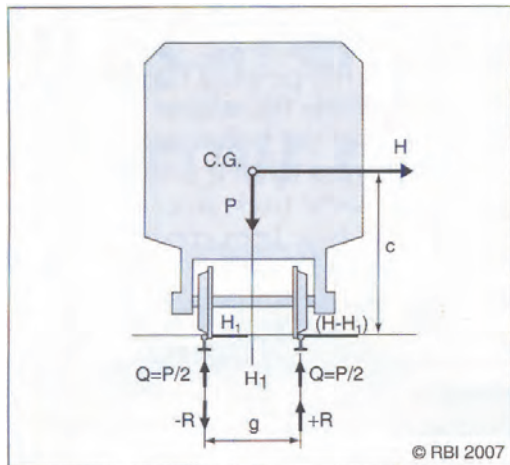


Fig. 2. Sarcina exterioră proporțională a osiei care ar putea permite ca limita Prud'homme să fie adoptată pentru vehiculele feroviare pentru ecartament metric (unele căi ferate și unele tramvaie).

Sarcina mărită pe osie este reprezentată de $Q + R$, reprezintă de fapt suprasarcina dinamică pe osie iar sarcina exterioră pe osie este reprezentată de $Q - R$. Sarcina exterioră proporțională este calculată ca fiind:

$$R/Q = Hc/Q \cdot g \quad (6)$$

Atunci când forța orizontală H atinge limita Prud'homme pe ecartamentul normal, va rezulta o anumită valoare a sarcinii exterioare care s-a demonstrat că nu conduce nici la disconfort în timpul rulării, nici la deraieri. Această limită nu poate fi mărită doar prin îmbunătățirea durabilității laterale a căii ferate, întrucât efectele sarcinii exterioare pot fi și ele critice. În acest caz, mărirea durabilității căii de rulare trebuie să fie completată de o scădere a înălțimii centrului de greutate al vehiculelor.

Din perspectiva aplicațiilor practice, de reținut este faptul că producătorii de material rulant nu știu cum să aplice limita Prud'homme la alte ecartamente decât cel de 1435 mm.

Zgomotul de rulare – principala sursă de zgomot în transportul feroviar și feroviar urban. O vibrație acustică capabilă să producă o senzație auditivă constituie un sunet. În anumite condiții și limite, sunetul este o cale de informație și permite îndeplinirea rațională și eficientă a muncii. Dacă depășește aceste limite sunetul devine zgomot.

În majoritatea cazurilor ne putem desfășura activitatea ignorând zgomotul ambiental, dar odată cu sporirea intensității sonore, devine un factor poluant al ambianței de viață și muncă, influențând negativ performanțele profesionale, fiind totodată cauza obosealii, nervozității scăderii cantitative și / sau calitative a nivelului muncii prestate.

Zgomotul de rulare a fost identificat ca sursă de zgomot preponderentă pentru domeniul de viteză 50-300 km/oră. Mecanismul de excitație al zgomotului este „rugozitatea” și defectele de valoare a micronilor (ca amplitudine și de câțiva centimetri ca lungime a undei) asupra roții și a căii de rulare. Această excitație, prin receptanța dinamică a sistemului roată-șină, face să răsune roata și să transmită unde de flexiune-torsiune în șină.

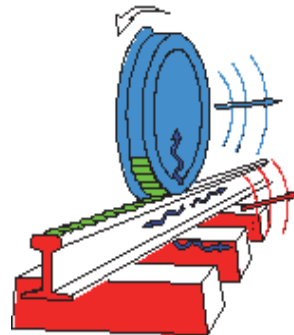


Fig. 3. Schema de principiu privind propagarea undelor acustice datorate circulației feroviare - contactului roată-șină.

Privind din perspectiva caracteristicilor sunetelor și / sau a zgomotelor în ansamblul lor, fenomenul care stă la baza producerii sunetelor este vibrația unei surse sonore. Sunetul se propagă sub formă de unde elastice numai în substanțe precum gazele, lichidele și solidele, dar nu se propagă în vid. Acesta se propagă cu viteza de 331m/s în aer. Caracteristicile semnalului sunt definite de înălțime (exprimată în frecvența vibrației) precum și de intensitate (exprimată în energia vibrației). Orice sunet simplu, cum ar fi o nota muzicală, poate fi descrisă în totalitate, specificând trei caracteristici perceptive precum înălțime, intensitate și calitate, respectiv timbru sonor. Aceste caracteristici corespund pentru exact trei caracteristici fizice definite de facto de către frecvența, amplitudinea și constituția armonică sau forma undei acustice.

Zgomotul este un sunet complex, o mixare de multe și totodată de diferite frecvențe sau note care nu sunt legate armonic. Sunetul se propaga din aproape în aproape sub formă de unde sonore. Propagarea sunetului se face cu viteză constantă, fiecare strat de

aer vibrând cu frecvența egală cu cea a sursei sonore.

3. POLUAREA FONICĂ

3.1. Poluarea, mediul – concepte, definiții

Cuvântul *poluare* vine din latinescul *polluero-ere* și înseamnă a murdări, a pângări, a profana. Desemnează o acțiune prin care omul își degradează, își „murdărește” propriul său mediu de viață. Este o lege naturală generală conform căreia orice ființe vii produc deșeuri care, neeliminate din mediul lor de viață, le fac imposibilă continuarea activității și chiar a vieții însăși.

Prin *poluare* se înțelege „introducerea directă sau indirectă, ca urmare a unei activități desfășurate de om, de substanțe, de vibrații, de căldură și/sau zgomot în aer, în apă ori în sol, care poate aduce prejudicii sănătății umane sau calității mediului, care pot dăuna bunurilor materiale ori pot cauza o deteriorare sau o împiedicare a utilizării mediului în scop recreativ sau în alte scopuri legitime”¹.

Legea nr.137/1995 a protecției mediului definește mediul ca fiind „ansamblul de condiții și elemente naturale ale Terrei: apa, aerul, solul, subsolul, aspectele caracteristice ale peisajului, toate straturile atmosferice, toate materiile organice și anorganice, precum și ființele vii, sistemele naturale în interacțiune, cuprinzând elementele menționate anterior, inclusiv valorile materiale și spirituale, calitatea vieții și condițiile care pot influența bunăstarea și sănătatea omului”

Adică, într-o accepțiune globală, conceptul de mediu cuprinde: atmosfera, geosfera, biosfera, biosfera și cosmosul. Mediul include elementele naturale: apa, aerul, solul, subsolul, atmosfera și elemente antropice: populația, așezările omenești, activitățile umane.

Omul a sesizat relativ târziu că el este creația și creatorul mediului său care îi asigură existența biologică și totodată, cea intelectuală.[1]

Un important factor de mediu, mai ales în zonele urbane este ZGOMOTUL care, în anumite situații devine un puternic agent poluant fonic, cu implicații în sănătatea oamenilor. Într-o accepțiune largă, conceptul a fost definit ca un complex de sunete, de un caracter aleatoriu, care produce nu numai o senzație dezagreabilă, dar chiar agresivă, întâlnindu-se în

cele mai diverse ambianțe: în locuințe, pe stradă, la locurile de muncă și de odihnă, pe uscat, pe apă și în aer.

În domeniul poluării sonore interesează *intensitatea senzației auditive* produsă de un sunet, numită „*tăria sunetului*”, care nu se confundă cu intensitatea fizică. Tăria este dependentă de frecvență.

Presiunea acustică cea mai joasă, pe care urechea umană o percepe, are valoarea de $20 \mu Pa$, care este de $5 \cdot 10^9$ ori mai slabă decât presiunea atmosferică normală.

Este imperativă introducerea *unei scări de măsură decibelică* în evaluarea intensității sunetelor.

Scara în decibeli utilizează ca valoare de prag nivelul de $20 \mu Pa = 0 \text{ dB}$. Cu alte cuvinte, de câte ori se multiplică presiunea acustică în Pa cu 10 se adaugă 20 de dB la nivelul în decibeli, deci : $20 \mu Pa = 0 \text{ dB}$, $200 \mu Pa = 20 \text{ dB}$, $2000 \mu Pa = 40 \text{ dB}$ etc.

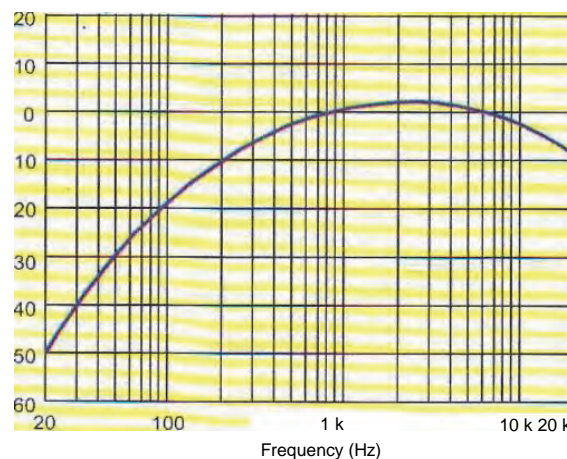


Fig. 4. Variația presiunii acustice în [dB] cu frecvența în [Hz].

3.2. Poluarea-clasificare-specificitate

Poluarea poate fi: chimică, fizică (radioactivă, termică, fonică, electromagnetică, prin vibrații), biologică, genetică, estetică etc.

Se consideră că cel puțin trei îndeletniciri umane (factori externi antropogeni) generează poluarea în lumea contemporană:

- industria, cu mediul de viață urban pe care-l promovează;
- agricultura intensivă și industrializată;
- transporturile.

Prin prisma celor trei îndeletniciri umane de mai sus, poluarea este clasificată ca fiind:

➤ poluare industrială, caracterizată de faptul că se concentrează în spații restrânse, iar resursele

¹ Legea protecției mediului nr.137/1995, publicată în MO nr.304/30.12.1995.

naturale (apa, aerul...) folosite în procesele de producție, pot fi purificate prin diferite mijloace tehnice;

➤ poluarea datorită agriculturii are un caracter mai puternic, mai dramatic, având în vedere că se realizează prin acțiunea lentă, în mulți ani de zile, a factorilor naturali¹, ocupă zone mult mai întinse-suprafața cultivată afectată de chimizare;

➤ un important factor de mediu, *mai ales în zonele urbane* este ZGOMOTUL care în anumite situații devine un puternic agent poluant, cu implicații în sănătatea oamenilor.

➤ tot o formă de poluare este *stresul*- desemnând agresiunea la care este supus organismul datorită zgomotului, poluării, angoasei, diverselor contradicții.

3.3. Zgomotul, sursă de poluare în continuă creștere

În contrast cu multe alte probleme de mediu, *poluarea fonică* continuă să crească datorită dezvoltării industriale, sociale și a transporturilor.

Se analizează și aspecte specifice ale impactului zgomotului asupra sănătății oamenilor pentru a identifica domeniile în care acțiunile și măsurile de remediere sunt prioritare.

3.3.1. Standardul Tehnic de Interoperabilitate – STI „ZGOMOT” (definiții, cerințe, limite)

Definiția subsistemului/domeniul de aplicare² Materialul rulant care face obiectul STI cuprinde locomotive, automotoare, vagoane de marfă și vagoane de călători care pot circula pe întreaga rețea de căi ferate transeuropene convenționale sau pe o parte a acesteia. Vagoanele de marfă includ și materialul rulant destinat transportului de camioane.

Interfețele subsistemului. Prezenta specificație STI „zgomot” are interfețe cu:

- subsistemul „vagoane de marfă”, privind: zgomotul la trecere; zgomotul la staționare;

- subsistemele „locomotive; automotoare și vagoane de călători”; privind: zgomotul la staționare; zgomotul la demarare; zgomotul de trecere; zgomotul în cabina mecanicului.

Cerințe esențiale se referă la: siguranță; protecția mediului; fiabilitate și disponibilitate; compatibilitate tehnică; sănătate.

¹ V. Soran, Margareta Borcea, *Omul și biosfera*, București, Ed. Științifică și Enciclopedică, 1985.

² Decizia Comisiei UE (2006/66/CE) privind specificația tehnică de interoperabilitate cu privire la subsistemul „material rulant - zgomot al sistemului feroviar transeuropean convențional.

Zgomotul emis de vagoane de marfă

Limite pentru zgomotul la staționare. Zgomotul la staționare se descrie în termeni de nivel LpAeq, T de presiune acustică continuu echivalent ponderat A, în conformitate cu proiectul de standard EN ISO 3095:2001 și este în tabelul următor.

Valoarea limită a LpAeq, T pentru zgomotul la staționare produs de vagoanele de marfă

Vagoane de marfă	LpAeq, T
Toate vagoanele de marfă	≤ 65 dB(A)

Limite pentru zgomotul la trecere. Indicatorul pentru zgomotul la trecere este nivelul LpAeq, Tp de presiune acustică continuu echivalent ponderat A, măsurat în timpul de trecere la o distanță de 7,5 m de la axa căii ferate și la 1,2 m deasupra suprafeței superioare a șinei. Măsurătorile se efectuează în conformitate cu proiectul de standard EN ISO 3095:2001, sunt menționate în tabelul următor.

Zgomotul la trecere este influențat în mare măsură de zgomotul de rulare, care este legat de interacțiunea dintre roți și șină, care depinde de viteză.

Zgomotul la demarare este o combinație de contribuții din partea componentelor de tracțiune, precum motoarele diesel și ventilatoarele de răcire, dispozitivele auxiliare și, uneori, patinajul roților.

Valoarea limită a LpAeq, T pentru zgomotul de trecere produs de vagoanele de marfă

Vagoane de marfă	LpAeq, Tp
Vagoane noi cu un nr mediu de osii pe unitate de lungime (apl), ≤ cu 0,15 m ⁻¹ la 80 km/h	≤ 82 dB(A)
Vagoane reînnoite sau îmbunătățite în conformitate cu din Directiva 001/16/CE cu un nr mediu de osii pe unitate de lungime (apl), ≤ cu 0,15 m ⁻¹ la 80 km/h	≤ 84 dB(A)
Vagoane noi cu un număr mediu de osii pe unitate de lungime (apl) ≥ 0,15 m ⁻¹ și ≤ cu 0,275 m ⁻¹ la 80 km/h	≤ 83 dB(A)
Vagoane reînnoite sau îmbunătățite în conformitate cu Directiva 2001/16/CE cu un nr mediu de osii pe unitate de lungime (apl) mai mare decât 0,15 m ⁻¹ și ≤ cu 0,275 m ⁻¹ la 80 km/h	≤ 85 dB(A)
Vagoane noi cu un număr mediu de osii pe unitate de lungime (apl) ≥ 0,275 m ⁻¹ la 80 km/h	≤ 85 dB(A)
Vagoane reînnoite sau îmbunătățite în conformitate Directiva 001/16/CE cu un număr mediu de osii pe unitate de lungime (apl) mai mare decât 0,275 m ⁻¹ la 80 km/h	≤ 87 dB(A)
Apl reprezintă numărul de osii împărțit la lungimea în afara zonei de tamponare.	

Zgomotul emis de locomotive, automotoare și vagoane de călători

Zgomotul la staționare este influențat în mare măsură de dispozitive auxiliare precum sisteme de răcire, aer condiționat și compresoare.

Limite de zgomot la staționare se stabilesc la o distanță de 7,5 m de la axa căii ferate și la 1,2 m deasupra suprafeței superioare a șinelor. Condițiile de măsurare sunt prevăzute de proiectul de standard EN ISO 3095:2001. Valorile limită pentru emisiile de zgomot ale vehiculelor în condițiile menționate sunt precizate în tabelul următor.

Valorile limită pentru zgomotul la staționare produs la locomotivele electrice și diesel, EMU-uri, DMU-uri și vagoane de călători

Vehicule	LpAeq, T
Locomotive electrice	75
Locomotive diesel	75
EMU-uri	68
DMU-uri	73
Vagoane de călători	65

Limite de zgomot la demarare. Limitele de zgomot la demarare se stabilesc în aceleași condiții ca mai sus. Valorile limită pentru emisiile de zgomot la demarare ale vehiculelor în condițiile menționate sunt precizate în tabelul de mai jos.

Valorile limită pentru zgomotul la demarare produs la locomotive electrice și diesel, EMU-uri și DMU-uri

Vehicul	LpAFmax
Locomotive electrice, $P < 4\,500$ kW la jantă	82
Locomotive electrice, $P \geq 4\,500$ kW la jantă	85
Locomotive diesel, $P < 2\,000$ kW la arbore	86
Locomotive diesel, $P \geq 2\,000$ kW la arbore	82
EMU-uri	82
DMU-uri, $P < 500$ kW/motor	83
DMU-uri, $P \geq 500$ kW/motor	80

Limite de zgomot la trecere. Limitele pentru zgomotul la trecere sunt stabilite similar, la o viteză a vehiculului de 80 km/h. Indicatorul pentru nivelul presiunii acustice continuu echivalent ponderat A este LpAeq, Tp.

Valorile limită ale locomotivelelor electrice și diesel, EMU-uri, DMU-uri și vagoane de călători:

Vehicul	LpAeq, Tp
Locomotive electrice	85
Locomotive diesel	85
EMU-uri	81
DMU-uri	82
Vagoane de călători	80

Zgomotul în interiorul locomotivelor, al automotoarelor și al vagoanelor de control

Nivelul zgomotului din cabină trebuie menținut cât mai scăzut cu putință, prin limitarea zgomotului la sursă și prin măsuri suplimentare corespunzătoare (izolare fonică, absorbție a sunetelor). Valorile limită sunt menționate în tabelul de mai jos.

Măsurătorile se efectuează în următoarele condiții:

- ușile și ferestrele sunt închise;
- încărcătura remorcată este egală cu cel puțin două treimi din valoarea maximă admisă.

Valorile limită pentru zgomotul din interiorul cabinei mecanicului de pe locomotivele electrice și diesel, EMU-uri, DMU-uri și vagoanele de control

Zgomot în interiorul cabinei mecanicului	LpAeq, T	Intervalul timpului de măsurare T
La staționare [în timpul unui semnal sonor extern cu presiunea acustică maximă, dar nu mai mare de 125 dB(A), la 5 m în fața vehiculului și la o înălțime de 1,6 m deasupra ciupercii șinei]	95	3s
Viteza maximă, aplicabilă pentru viteze mai mici de 190 km/h (în câmp liber, fără semnale sonore interne sau externe)	78	1min

3.3.2. Caracteristici ale zgomotului: viteza de propagare, nivelul intensității acustice, frecvența

Undele sonore sunt unde mecanice longitudinale de compresie/rarefiere.

Viteza de propagare a undelor sonore depinde de caracteristicile mediului în care se propagă.

Expresia vitezei de propagare a sunetului prin aer este:

$$c = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{M}}, \quad (6)$$

unde: γ este exponentul adiabatic al gazului ideal; $R = 8,3 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ – constanta universală a gazelor; T – temperatura absolută a aerului; M – masa sa molară.

Modul în care puterea acustică a unei surse se răspândește în mediu se descrie prin mărimea numită *intensitate acustică* sau densitate superficială a puterii acustice și care reprezintă puterea ce trece printr-un element de suprafață imaginar, normal pe direcția de propagare a undelor sonore, se măsoară în W/m^2 .

Pragul audibilității este la intensitatea acustică cu o valoare de

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m} .$$

Cel mai frecvent se caracterizează sunetul printr-o mărime denumită *nivel de intensitate acustică* ce se definește ca logaritmul zecimal al raportului dintre intensitatea acustică și intensitatea corespunzătoare pragul audibilității. Unitatea de măsură pentru nivelul intensității acustice este *Bell* simbolizat cu *B*. Numele unității a fost dat în onoarea lui *Graham Bell*, inventatorul telefonului.

Astfel, nivelul intensității acustice de 1 B a unui sunet ce are intensitatea acustică $I = 10^{-11} \text{ W/m}^2$ este exprimat comparativ cu intensitatea acustică a pragului audibilității I_0 prin:

$$1 \text{ B} = 10 \text{ dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{10^{-11}}{I_0} \right) \quad (7)$$

Cu această definiție rezultă că nivelul intensității acustice a pragului audibilității este 0 dB.

Valorile nivelului intensității acustice a diferitelor surse le transformă peste anumită limită în surse de zgomot [3]. Noțiunea de zgomot este legată de percepția sa.

Frecvența care este numărul de cicluri complete ale unui sunet într-o unitate de timp în Hertzi (Hz). Urechea percepe doar sunetele din domeniul audibil între 16 și 16 000 Hz [4]. Nu percepe însă nici ultrasunetele (oscilații acustice cu frecvența peste 16 000 Hz) și nici infrasunetele cu frecvența sub 16 Hz.

Nivelul de intensitate acustică, măsurată în [dB] ține seama de comportamentul fiziologic al urechii..

Nivelul intensități acustice ale diferitelor surse

Sursa generatoare de zgomot	Nivelul intensității acustice [dB]
Prag de audibilitate	0
Foșnetul frunzelor	10
Conversație în șoaptă	12
Ticăitul unui ceas mecanic	30
Conversație cu voce tare	50-65
Trafic rutier obișnuit	65-70
Trafic feroviar	56 -90
Zgomot industrial	75-80
Trafic rutier intens, orchestră simfonică mare	90
Mașini unelte, pick-hammer, căști stereo	100
Tunet	90-100
Masa vibratoare în construcții	105
Avion cu reacție la decolare	110-140
Decolarea unei nave spațiale	140-190
Arme de foc puternică sau de vânătoare	170

Diferite surse de unde sonore au nivelul intensității acustice prezentate în continuare, se prezintă valorile nivelului de intensitate acustică pentru diferite surse de zgomot, incluzând sursa „trafic feroviar” pentru o apreciere comparativă cu alte surse de poluare fonică.

3.4. Zgomotul ca factor de risc asupra sănătății

Intensitatea dereglărilor funcțiilor organismului uman produse de zgomot este direct proporțională cu intensitatea, frecvența și durata acestuia.

Conform listei de identificare a factorilor de risc de accidentare și îmbolnăvire profesională la locurile de muncă, zgomotul este un factor de risc fizic specific mediului de muncă [6].

Este unanim recunoscut că zgomotele au efecte negative asupra sănătății oamenilor pentru că:

- provoacă o jenă asupra realizării sarcinii de muncă, o oboseală auditivă sau un deficit auditiv ireversibil, care poate ajunge până la surditate;
- agravează situațiile de stres și implicit agravează afecțiunile cardio-vasculare și digestive;
- măresc oboseala generală și îndeosebi oboseala nervoasă;
- generează insomnii;
- accentuează deficiențele de comportament ca de exemplu agresivitatea și anxietatea. Urmare a ansamblului acestor efecte se mărește riscul accidentelor de muncă sau de circulație.

Faptul că apar și tulburări de somn refacerea organismului după efort nu se mai face și astfel se ajunge într-un cerc vicios. Zgomotul acționează asupra activității mintale ca un excitant stupefiant, care agravează oboseala, mascând-o. Adesea el devine o obișnuință periculoasă.

Timpul de expunere la zgomot are și el importanță. Astfel zgomotele devin periculoase dacă expunerea continuă este mai mare de 8 ore la 80 dB. Pe măsură ce intensitatea zgomotului crește, timpul de expunere periculos scade sub 8 ore. De exemplu devine periculoasă chiar și numai 2 ore de expunere la zgomote de 100 dB.

Orice durată de expunere la zgomot de 140 dB este periculoasă și poate provoca dureri și leziuni deosebit de grave ale urechii. La zgomotul cu 170 dB fără protecție pentru urechi, pierderea instantanee a auzului devine inevitabilă.

Deși nu are o influență directă asupra sănătății oamenilor, zgomotul, ca și consecință a funcționării sistemelor de transport, îndeosebi în transportul feroviar, are un deosebit impact asupra:

- vehicului însuși, ca structură portantă ca urmare a vibrațiilor la care este supus atât în staționare cât mai ales în circulație;

➤ instalațiilor și aparatelor montate în interiorul vehiculelor feroviare, feroviar urbane;

➤ solului, clădirilor, instalațiilor din vecinătățile căii ferate, cu toate consecințele ce decurg din supunerea continuă la un regim vibratoriu.

Transportul pe calea ferată, fiind o *sursă mobilă de poluare*, are un impact negativ asupra mediului.

4. METODE DE COMBATERE A POLUĂRII FONICE

4.1. Combaterea zgomotului este o problemă de sistem

Combaterea zgomotului este o problemă de sistem de activitate productivă sau socială [6]. Sistemul în acest caz reprezintă ansamblul format din: sursele de zgomot, mediul de propagare (căile), receptorii.

Metodele de combatere a zgomotului trebuie încorporate elementelor acestui sistem, și se disting:

a) metode de combatere sau reducere a zgomotului la sursă, care se referă la:

➤ adoptarea unor soluții de atenuare a zgomotului specifice naturii sursei;

➤ izolarea surselor de zgomot de mediul fizic în care acționează;

➤ modificarea utilajelor și tehnologiilor etc.

b) metode de combatere a zgomotului pe căile de propagare, care se referă la:

➤ absorbția zgomotelor produse în zonă prin folosirea materialelor fonoabsorbante;

➤ izolarea sursei de zgomote exterioare prin carcasarea sursei de zgomot;

➤ izolarea oamenilor de surse de zgomot cu ecrane, cabine fonoizolante;

c) metode de combatere a zgomotului la receptor, care se referă la:

➤ mijloacele individuale de protecție și protejarea personalului în cabine fonoizolante, antifoane;

➤ limitarea duratei de expunere.

d) metode instituționale de combatere a zgomotului, referitoare la:

➤ acte normative din legislația internă a statelor sau din dreptul internațional sau comunitar;

➤ normative tehnice ce limitează unele limite, caracteristici funcționale;

➤ norme fiscale și nefiscale (taxe, impozite, bonusuri, premii).

4.2. Combaterea zgomotului ambiental

Obținerea unui înalt nivel de sănătate și protecție a mediului este parte a politicii comunitare. Protecția

împotriva zgomotului ambiental este una dintre problemele principale de mediu din Europa.

În acest scop prin directiva 2002/49/CE se instituie o abordare comună pentru a evita, preveni sau reduce, efectele dăunătoare provocate de expunerea la zgomotul ambiental. Directiva se focalizează asupra următoarelor obiective:

➤ determinarea expunerii la zgomotul ambiental, prin întocmirea hărților de zgomot;

➤ asigurarea ca informațiile asupra zgomotului ambiental și efectele sale sunt disponibile publicului;

➤ adoptarea planurilor de acțiune de către statele membre, bazate pe rezultatele din hărțile de zgomot, pentru a preveni și reduce zgomotul ambiental unde nivelele de expunere pot avea efecte dăunătoare și pentru a păstra calitatea zgomotului ambiental, acolo unde este buna.

Directiva urmărește să furnizeze o bază pentru dezvoltarea măsurilor de a reduce zgomotul emis de sursele majore, în special vehicule și infrastructura rutieră și feroviară, aviație.

4.3. Combaterea zgomotului din activitățile de transport feroviar

4.3.1. Metode de combatere sau reducere a zgomotului la sursă

Dacă se pun în balanță avantajele transportului feroviar, mai ales cel electric și dezavantajul datorat nivelului de poluare sonoră, costurile pentru remedierea sau diminuarea acestui dezavantaj sunt relativ mari.

Înlocuirea parcului de vehicule fiind deosebit de costisitoare, s-a urmărit găsirea unor soluții de a diminua zgomotul produs prin măsuri aplicate direct asupra surselor [11].

Este apreciată ca fiind cea mai rentabilă măsură aceea de *înlocuire a sistemelor de frânare*. Trecerea de la frâna cu saboți la frâna pe disc, cu garnituri de frână din materiale compozite.

Saboții de frână din materiale compozite au fost dezvoltati pentru a înlocui saboții convenționali din fontă, sursă importantă de zgomot. Aceștia sunt eficace în reducerea zgomotului (cu 10 dB, echivalentul a 50% din zgomotul saboților de fontă).

Saboții K sunt disponibili din 2003. Având caracteristici de frânare diferite de cele ale saboților convenționali, reechiparea necesită ajustări ale sistemului de frânare, costuri suplimentare.

Saboții LL sunt saboți de frânare din materiale compozite care prezintă aceleași caracteristici de frânare cu ale fontei, nefiind necesară o adaptare majoră a sistemului de frânare, iar costurile inițiale de reechipare sunt considerabil mai scăzute.



Foto 8. Osii (roți) prevăzute cu frână disc, saboți din materiale compozite.

Pentru izolarea cutiei vehiculului față de mișcările dăunătoare de galop este indicat să se plaseze legătura dintre boghiu și cutie la nivelul centrului de masă al părții suspendate a boghiului, cât mai apropiată de nivelul osiilor pentru a se diminua transmiterea mișcărilor parazite longitudinale asupra cutiei.



Foto 9. Legătură „joasă” a cutiei cu boghiul



Foto 10. Sistem de rulare cu 2 etaje de suspensie.

Reducerea șocurilor transmise cutiei se face prin realizarea unei legături elastice între boghiu și cutia vehiculului sau prin suprimarea pivotului și adoptarea soluției de antrenare a cutiei prin bielele silentbloc.

Îmbunătățirile impuse sistemelor de suspensie costă mai mult inițial, dar tehnologia avansată asigură faptul că schimbările vor fi viabile din punct de vedere financiar pe termen lung.

Sporirea vitezei de circulație în curbe a trenurilor implică retrasarea curbilor de cale ferată cu mărirea corespunzătoare a razelor de curbura. Sau, în transportul feroviar urban, nu este posibilă realizarea supraînălțării, s-au conceput vehicule având cutia înclinabilă.

Înclinarea cutiei vehiculelor către interiorul curbei are ca efect o compensare a insuficienței de supraînălțare a căii, permițând o mărire a vitezei în deplină siguranță și fără a afecta confortul călătorilor [7].

În momentul de față există două concepții de sisteme constructive:

– sistemul de înclinare pasiv (naturală) planul superior al suspensiei cutiei se află deasupra centrului de greutate al acesteia. Arcurile pneumatice asigură elasticitățile verticală, longitudinală și de torsiune necesare și, conjugate cu suspensia pendulară, elasticitatea transversală.

– sistemul activ de înclinare a cutiei (înclinare forțată), la circulația în curbe acționează dispozitivele pneumatice sau hidraulice care realizează înclinarea, acestea fiind comandate de sisteme de reglaj electronice.

Altă măsură de reducere a zgomotului este înlocuirea infrastructurii dar acest lucru presupune de asemenea costuri uriașe.

Infrastructură modernă pe traverse de beton, cu prindere elastică, așa numită „cale înierbată”, utilizată în mod deosebit și cu succes la infrastructura transportului feroviar urban.

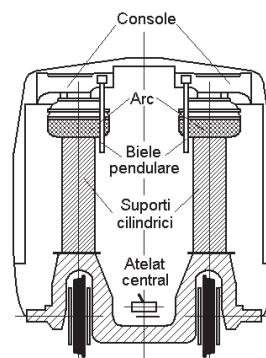


Fig. 5. Sistemul de înclinare pasivă a cutiei în cazul trenului Talgo.

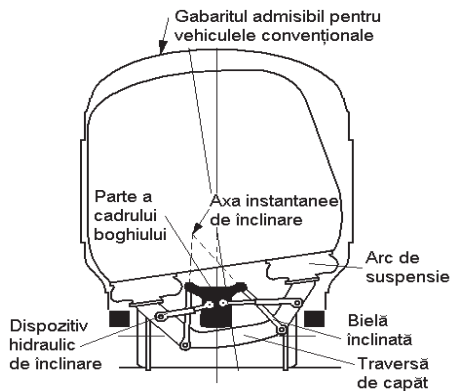


Fig. 6. Sistemul de înclinare activă a cutiei trenului APT-P.



Foto 11. Elemente absorbante între firele căii.

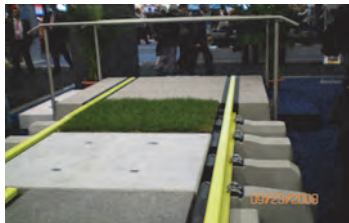


Foto 12. Cale înierbată.

Nouă sau modernizată, infrastructura feroviară trebuie să fie supusă unei evaluări a impactului asupra mediului conform Directivei 85/337/EC,

evaluare care trebuie să includă și nivelul de zgomot perceput de către vecinii aflați în lungul infrastructurii.

Sistemele de conducere a osiilor prin arcurile din cauciuc ale suspensiei primare sunt soluții noi;

Conducerea elastică a osiilor Orientarea nouă în construcția boghiurilor constă în realizarea posibilității de negociere a razelor de curbură, fiecare dintre osiile boghiului așezându-se în poziție radială. Astfel, se produc uzurile suprafețelor de rulare și a buzelor, respectiv a flancurilor de șine, dar se impune să nu se producă instabilități de șerpuire.

În figura 7, este prezentată o construcție modernă de boghiu, larg răspândită în prezent în Europa, America și Japonia, constructiv adoptată și la metroul din București.

Cadrul rigid al boghiului 1 se sprijină pe fiecare lagăr de osie prin intermediul unei perechi de arcuri din cauciuc 2, care, fără a necesita ghidaje sau legături suplimentare, preiau, în mod elastic, eforturile verticale (sarcina vehiculului), eforturile longitudinale (tracțiune, frânare) și eforturile transversale (de ghidare laterală).



Foto 13. Boghiu vagon de marfa cu suspensie primară din elemente de cauciuc.

Nu este lipsită de importanță preocuparea permanentă pentru forme aerodinamice care să conducă la emanații de zgomote provocate de curgerea aerului în jurul vehiculului cât mai mici.

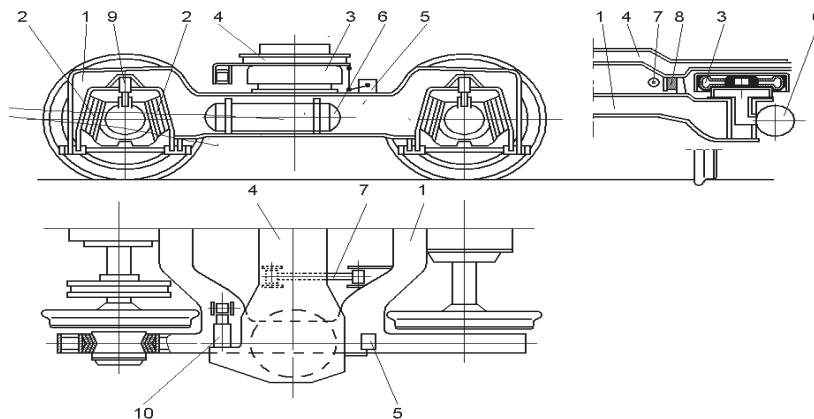


Fig. 7. Boghiu motor utilizat la ramele electrice ale metroului din București.



Foto.14. Tren Railjet 19 WE 01c .



Foto 15. Tren Automotrice Grade Viteze.



Foto 16. Carenaj la vagon.

Pe lângă forma aerodinamică deosebit de studiată, se remarcă *carenarea vehiculului prin montarea unei „fuste”* la partea inferioară pentru a diminua frecarea elementelor boghiurilor cu aerul.

În vederea *micșorării zgomotului produs de roată*, s-au adoptat o serie de dispozitive care au rolul de a amortiza vibrațiile structurale ale roții și de a atenua radiația acustică a acesteia. Un amortizor de zgomot este alcătuit din pachetele de lamele metalice, cu straturi de cauciuc intercalate, strânse cu ajutorul unor șuruburi. Vibrațiile coroanei se transmit lamelor care tind să se miște una față de cealaltă. Între lamele se dezvoltă forțe de amortizare care transformă în căldură o parte din energia mecanică de vibrație a roții.

4.3.2. Metode de combatere sau reducere a zgomotului pe căile de propagare

✓ În general, pentru reducerea vibrațiilor este utilizat un *perete izolator*. Valorile pentru vibrațiile continue și în impulsuri sunt mult diminuate, și nu se transmit vecinătăților.

Înălțimea ecranului este în mod obișnuit de 2,5 m deasupra șinei, dar și mai înalte, în special pe linii magistrale în apropierea zonelor rezidențiale [8]. Ecranul fonoabsorbant înalt pentru mare viteză, are construcția înclinată pentru evitarea reflexiilor undelor de zgomot. Se observă și grija pentru a nu mai fi

inestetice, pentru asigurarea împotriva pătrunderii intrușilor de orice fel, inclusive animale.

Eficiența ecranului este indiscutabilă: măsurătorile efectuate în spatele ecranului la 25 m de axa căii și la 3,5 m deasupra șinei, au arătat că nivelul zgomotului s-a diminuat cu 13 dB, ajungând la 18 dB la circulația cu viteza de 200 km/h.



Foto 17. Ecran din beton precomprimat standard .



Foto 18. Ecran fonoabsorbant înalt pentru magistrale de mare viteză.

✓ Măsuri la calea de rulare – *prin construirea unei căi de rulare silențioase* (șinele se montează pe fundații elastice) pentru micșorarea vibrațiilor prin utilizarea în construcția sa a materialelor fonoabsorbante.



Foto 19. Modalități de prindere înglobată a șinei în elemente de amortizare.

4.3.3. Metode de combatere sau reducere a zgomotului la receptor

✓ Un element care reduce zgomotul constă în *eliminarea ferestrelor mobile* prin utilizarea ferestrelor etanșe, lipite, fixe, care nu se deschid, în felul acesta se izolează mult mai bine interiorul vehiculului și se elimină și o potențială sursă de vibrații și zgomote;

✓ *S-au eliminat soluțiile cu compartimentarea vehiculelor*, acestea devenind astfel mai ușoare, masa suspendată mai mică. Lipsa pereților despărțitori, lipsa ușilor de la compartimente, au condus la lipsa-reducerea sistemelor de propagare a zgomotului prin conducție solidă.



Foto 20. Interior de vagon modern.

✓ O altă soluție constă în *montarea de izolatori plani*, în special pe plafonul vagoanelor, care pe lângă funcția de izolare fonică a interiorului vagonului, asigură și un design plăcut,

✓ *Deosebite sunt și scaunele*, care pe lângă aspectul plăcut, pe lângă ergonomicitatea formei, prin formă și înălțime, asigură o izolare a fiecărui călător.

4.3.4. Metode instituționale de combatere a zgomotului

Uniunea Europeană finanțează printr-un program reechiparea vagoanelor de marfă europene care au un kilometraj anual de peste 10 000 km și o durată

de viață rămasă de cel puțin 5 ani, astfel încât să se limiteze costurile fără a se periclita obiectivul de reducere a zgomotului [12].

Termenul propus de finalizare a acestui proces este în 2015. De remarcat că se acordă prioritate vagoanelor cu kilometraj anual ridicat.

✓ *Publicarea măsurilor de reducere a zgomotului* feroviar la nivelul parcului existent și s-a difuzat ca un Raport al Direcției Generale de Energie și Transporturi.

✓ Costurile ce trebuie alocate pentru *construirea și întreținerea de bariere de zgomot*.

Din cauza costului crescut a construcției de bariere se preferă aplicarea acestora numai în zonele urbane.

✓ *Costurile de impact asupra mediului* al transportului feroviar se plătesc conform principiilor din Directiva 001/14/CE conform căreia stabilirea și *perceperea taxelor pentru infrastructura de cale ferată*, precum și alocarea de capacităților de infrastructură trebuie să fie diferențiate în funcție de poluare.

Uniunea Europeană se angajează să *aplice principiul „poluatorul plătește”*.

✓ Transportul de marfă în timpul nopții scade eficiența sistemului feroviar. Pentru reducerea zgomotului în zonele rezidențiale, *poate fi micșorată viteza maximă permisă* și pot fi instalate ecrane de protecție acustică.

✓ *Totuși, o altă măsură pentru a reduce expunerea la zgomot este îmbunătățirea izolării fonice a clădirilor*. Acest lucru înseamnă, de exemplu, utilizarea ferestrelor și a ușilor de înaltă calitate, cu un grad ridicat al indiciilor de reducere a zgomotului.

4.3.5. Alternativa

Un alt tip de sistem de transport feroviar (de această dată unul neconvențional) este așa numitul *Maglev*. Acesta presupune un sistem conform căruia trenurile se mișcă deasupra șinelor folosind forțele electromagnetice dintre magneții supraconductori de la bordul vehiculului și bobinele de la sol. Când magneții trec cu viteză mare, un curent electric este indus în bobine, care acționează astfel ca electromagneți temporari. Ca rezultat, apar forțe care împing magneții supraconductori în față și în sus, simultan, producând levitația *Maglev*. *Maglev nu atinge de fapt șinele* în timpul călătoriei.