A XIII-a Conferinţă Naţională multidisciplinară – cu participare internaţională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii româneşti",
SEBEŞ, 2013

STUDII ŞI CERCETĂRI PRIVIND POLUAREA FONICĂ ÎN TRANSPORTURI

Andrei Octavian TRITEAN, Mariana ARGHIR

RESEARCH AND DEVELOPMENTS ON NOISE POLLUATION IN THE TRANSPORTS

The document shows the importance of reducing noise pollution from transport and to identify the factors underlying pollution. There are applied to Cluj-Napoca municipality because it is one of the busiest cities from Romania

Cuvinte cheie: zgomot, frecvenţă, intensitate sonoră, poluare sonoră

1. Noțiuni generale

Zgomotul produs de echipamentul utilizat în exterior, în principal în construcţii şi lucrări publice este o parte importantă a zgomotului unei comunităţi, cunoscut drept zgomot de mediu, zgomot rezidenţial sau zgomot intern. Alte surse de zgomot exterior sunt reprezentate de traficul rutier, feroviar şi aerian, industrii şi vecinătate şi mai există, de asemenea, zgomotul interior. Multe ţări au reglementări privind zgomotul exterior comunitar, dar foarte puţine au reglementări privind zgomotul interior, în special datorită lipsei de metode de a-l defini şi măsura şi, de asemenea, dificultăţii de a-l controla. Chiar şi în ţările dezvoltate, monitorizarea conformării şi aplicarea reglementărilor de zgomot sunt slabe pentru niveluri reduse de zgomot urban.

În UE circa 40 % din populaţie este expusă zgomotului traficului rutier la un nivel de presiune sonoră depăşind 55 dBA în timpul zilei şi 20 % la niveluri depăşind 65 dBA. În România acest

procentaj este mai redus datorită unei intensităţi mai mici în timpul nopţii şi faptului că un mare procentaj din populaţie (45 %) locuieşte în zone rurale, unde traficul rutier este foarte redus.

Zgomotul are asupra organismului uman o serie de efecte patologice. Numeroase observaţii clinice i-au determinat pe specialişti să afirme că există o "boală a zgomotului". Zgomotul influenţează negativ sănătatea omului, afectând în primul rând sistemele nervos şi auditiv [1].

2. Consideraţii asupra sunetului

Oscilaţiile acustice care iau naştere în timpul funcţionării maşinilor şi agregatelor pot constitui factori nocivi pentru organismul uman. Perceperea lor de către organismul uman, prin organul auditiv, oscilaţiile acustice se clasifică în:

- infrasunete, cu frecvenţa sub 16 Hz;
- sunete, cu frecvenţa cuprinsă intre 16 şi 16.000 Hz;
- ultrasunete, cu frecvenţa peste 16.000 Hz [2].

În mediul industrial, infrasunetele, sunetele şi ultrasunetele se suprapun atât în ceea ce priveşte componenţa spectrului oscilaţiilor generate de maşini şi utilaje, cât şi în privinţa acţiunii lor asupra organismului lucrătorului.

Sunetul reprezintă o vibraţie a particulelor unui mediu capabilă să producă o senzaţie auditivă. Sunetul se propagă sub formă de unde elastice numai în substanţe (aer, lichide şi solide) şi nu se propagă în vid. În aer, viteza de propagare este de 340 m/s.

Ca orice unde elastice, sunetele *se* caracterizează prin frecvenţă, definită ca număr de oscilaţii complete dintr-o unitate de timp. Se măsoară în Hertz, 1 Hz fiind o perioadă/s (perioadă fiind timpul, în secunde, în care are loc o oscilaţie completă).

Urechea umană percepe sunetele cu frecvenţe de la 16 Hz (sau 20 Hz) (sunetele joase) la 20 000 Hz (sau 16 000 Hz) (sunetele înalte). Sunetele sub 16 Hz se denumesc infrasunete sau trepidaţii, iar cele peste 20000 Hz – *ultrasunete*. Sensibilitatea maximă a urechii umane este pentru domeniul 2000 – 5000 Hz.

Sunetele se pot *caracteriza* şi prin presiunea acustică, măsurată în Pa (Pascal, 1 Pa = 1 N/m^2).

Belul este o unitate de măsură logaritmică a raportului dintre două intensităţi sonore sau electromagnetice (belul este un omagiu adus în 1925 lui Graham Bell, pionerul telefonului). Pentru sunete intense se lucrează cu valori foarte mari şi de aceea s-a adoptat o altă unitate, decibel (dB). Când dB se referă la auz, se foloseşte notaţia

dB(A). Este o unitate de măsură relativă, având ca bază logaritmul raportului între intensitatea zgomotului dat şi intensitatea de referinţă, stabilită convenţional ca fiind presiunea vibraţiilor sonore de 0,0002 dyne/cm şi care a fost considerată ca limita inferioară a sunetelor audibile de către om. Ţinând seama de scara logaritmică, înseamnă că sunetele cu intensitatea de 10, 20, 30 dB reprezintă depăşirea de 10, 100, 1000 ori a pragului inferior al intensităţii acustice a sunetului.

Pentru intensitatea auditivă a sunetelor se mai utilizează ca unitate de măsură fonul *(*egal cu tăria unui sunet a cărui intensitate auditivă este cu 1,26 ori mai mare decât pragul auditiv inferior) Aparatele cu care se măsoară intensitatea sunetului în foni se numesc *fonometre.* Omul percepe sunete cu o frecvenţă între 16 şi 20 000 vibraţii pe secundă şi cu o intensitate între 0 şi 120 dB.

Zgomotul se defineşte ca fiind o suprapunere dezordonată a sunetelor de frecvenţe şi intensităţi diferite care produc o senzaţie dezagreabilă şi agresivă. Apare ca o consecinţă a activităţii industriale a omului, a activităţii de transport în urma căreia unde mecanice, reprezentate de trepidaţii, sunete, infrasunete şi vibraţii ultrasonore au o acţiune dăunătoare asupra sănătăţii omului.

Parametrii principali consideraţi în analiza acţiunii zgomotului sunt: intensitatea, frecvenţa, modul de acţiune, durata acţiunii zgomotului, durata activităţii în mediul zgomotos.

Propagarea sunetelor este influenţată de: sursa de zgomot, atmosfera, distanţa, obstacolele întâlnite.

Intensitatea sonoră: energia purtată de sunet şi se măsoară în decibeli. Intensitatea sonoră a unei şoapte este de aproximativ 15 dB, murmurul produs de o clasă de elevi este de 50 dB, zgomotul unei străzi aglomerate este de aproximativ 90 dB. Sunetele de peste 90 dB pot fi deja insuportabile. Un zgomot de o intensitate de 140 dB produs de exemplu de un avion cu reacţie în timpul decolării este aproape dureros şi poate afecta timpanul. Cel mai comun efect al zgomotului este afectarea echilibrului neurovegetativ, care se poate produce la intensităţi de circa 60 dB. Practic, se consideră că limita de suportabilitate la zgomot pentru om este de 65 decibeli. Tabelul 1 prezintă intensitatea sunetelor unor activităţi uzuale.

3. Surse de zgomot

Marea majoritate a activităţilor omeneşti este generatoare de zgomote. Poluarea sonoră poate fi generată de surse naturale şi surse artificial:

Tabelul 1

Prag auditiv	0 dB
Sunetele naturii	10 dB
Bibliotecă	20 dB
Conversaţie	40 dB
Zgomot într-un birou	50–60 dB
Aspirator	70 dB
Zgomotul trenului	80 dB
Autocamion	90 dB
Ciocan pneumatic	100 dB
Motocicletă în demaraj	110 dB
Orchestră de jazz modernă	112 dB
Motorul pornit al avionului cu reacţie	120 dB
Avion cu reacţie, la decolare	130 dB
Pragul dureros	>140 dB

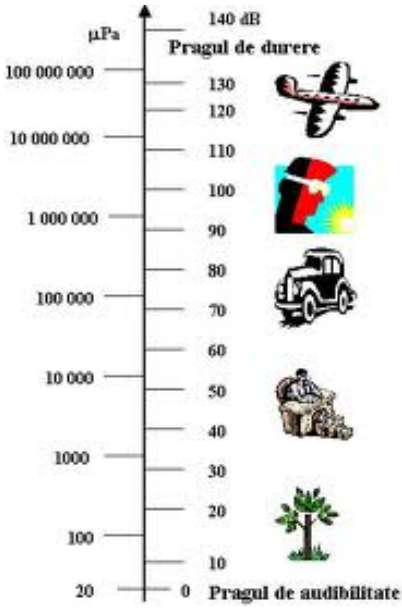

Fig. 1 Intensitatea sunetului

Sursele naturale de zgomot sunt erupţiile vulcanice, cutremurele, alunecările de teren, vuietul unei cascade etc.

Sursele artificiale de zgomot pot fi surse generatoare de zgomot în mediul ambiant: zgomotul utilajelor industriale şi agricole, sunetul sirenelor, soneriile, claxoanele, zgomotul produs de traficul auto sau aerian.

Sursele artificiale de zgomot mai pot fi clasificate în două mari categorii:

- zgomotele produse de transport (rutiere, feroviare, aeriene);
- zgomotele de vecinătate (stabilimente industriale, şantiere, activităţi domestice şi de petrecere a timpului liber etc.).

Zgomotul poate apărea fie la mişcarea de translaţie, fie la mişcarea de rotaţie a două corpuri, intensitatea sunetului rezultat fiind dată de coeficientul de frecare şi de reacţiunile normale dintre corpurile în contact. Astfel, cu cât suprafeţele corpurilor sunt mai rugoase, cu asperităţi pronunţate cu atât intensitatea zgomotului produs este mai mare. În urma frecării, corpul vibrează pe frecvenţele sale proprii care vor determina spectrul zgomotului generat, acesta fiind influenţată şi de amortizarea internă a vibraţiilor corpurilor în trecere. Exemplu: rularea

roţilor pe şine, prelucrarea pieselor la raboteze, rotirea axelor în lagăre generează zgomot prin frecare.

3.1 Surse de zgomot în aglomerările urbane

A. Traficul rutier este principala componentă a zgomotului din oraşe. Pe parcursul unei zile se înregistrează trei maxime ale nivelului de zgomot, la orele 6-7, 12 şi 18-19.

Maşinile răcite cu aer, de puteri mari, motocicletele, motoretele şi scuterele produc cele mai mari zgomote (tabelul 2 - Nivelele de zgomot la câteva vehicule). O maşină Dacia 1300 produce 72 dB în regim, iar la frânare şi demarare rapidă 92 – 97 dB. Frânarea şi demararea sunt cele mai zgomotoase la toate tipurile de autoturisme. Motoarele Diesel sunt cele mai poluante sonic.

Tabelul 2

Vehicul	Nivele de zgomot, dB(A)
Motociclete	75 – 92
Vehicule grele	75 – 88
Autoturisme	46 – 86
Biciclete	60

Pietonii percep componentele înalte de zgomot, iar pasagerii autoturismelor percep componentele de frecvenţă joasă şi ultrasunete de aproximativ 10 Hz, componente ce pot avea efecte nefavorabile, inclusiv asupra şoferului. Motorul, prin oscilaţii şi vibraţii produce infrasunete de 0,5–10 Hz şi respectiv 11–17 Hz; şasiul produce zgomote de 25–40 Hz; deformaţiile unor piese produc zgomote cu 50-150 Hz. Pentru reducerea zgomotelor, la autoturisme se utilizează atenuatoare şi filtre, la evacuarea gazelor de eşapament. Acestea transformă energia acustică în energie calorică. Atenuatoarele conţin elemente:

- active, din material fonoabsorbant;
- reactive, în care caz gazele trec prin camere de destindere şi îngustare, conţinând ecrane (filtre);
- combinate.

Constructiv, atenuatoarele de zgomot pot fi: cu o cameră; cu două camere; lamelare şi celulare.

La motociclete s-au făcut modificări constructive la motor, cutia de viteze, folosindu-se atenuatoare de zgomot, materiale fonoizolante etc. La tramvaie se folosesc amortizoare de cauciuc, bandaje de cauciuc pe calea de rulare, amortizoare de vibraţii, inele antizgomot la roţi, motorul dispus longitudinal etc.

La metrou, calea de rulare se realizează prin grinzi de beton armat, metal sau lemn de esenţă tare, curbele trebuie să fie cu rază mare, la postament şi la şină se pot folosi amortizoare, tunelul se acoperă cu material fonoizolant, în vagoane se reduc zgomotele prin măsuri constructive, prin natura materialelor de construcţie etc.

B. Traficul feroviar produce zgomote de 110 – 115 dB, la viteze de 110 –120 km/h. Pentru reducerea zgomotelor trebuie atât modificări constructive, cât şi de organizare a traficului.

Dintre măsurile constructive se pot enumera: izolarea acustică a vagoanelor de călători şi locomotivelor, folosirea atenuatoarelor de zgomot, a frânelor cu disc etc. În organizarea traficului, se pot utiliza centralizarea comenzilor macazelor, eliminarea joantelor, folosirea de garnituri de cauciuc între talpa şinei şi traversă, stabilirea unei zone de protecţie de 400 – 500 m de la şină, la localităţi ş.a. Se apreciază că măsurile posibile de diminuarea zgomotelor, în special la locomotivele Diesel sunt insuficiente, poluarea fonică fiind de mare intensitate.

C. Traficul aerian produce zgomote de la motoare, elice, mişcarea aerului. La avioanele subsonice (cu viteza sub 340 m/s) se aude zgomotul avionului crescând în intensitate la apropiere şi apoi scăzând în intensitate, la depărtare. La avioanele supersonice (cu viteză peste 340 m/s) se produce o undă de şoc, cu suprafaţă conică, deoarece sunetul se propagă cu o viteză inferioară (340 m/s). La sol, omul percepe un zgomot foarte puternic, ca un tunet, numit *bang sonor*. Bangul afectează clădirile, producând uneori chiar fisurarea pereţilor, spargerea geamurilor, iar pentru oameni acţionează ca efect surpriză.

4. Absorbția energiei sonore

Când în calea undelor sonore nu este interpus nici un obstacol, de o altă natură decât mediul de propagare, nu intervine nici un fel fenomen special care să perturbe propagarea continuă a acestor unde. În acest caz există numai unde progresive. Dacă undele întâlnesc un obstacol de altă natură, prin care pot trece total, parţial sau deloc, la suprafaţa de separare a celor doua medii (mediul iniţial şi mediul obstacol) se produce fie o *reflexie* (întreaga energie acustică transportată de unde, se reflectă, întoarce în mediul în care se află sursa), fie o *refracţie* (întreaga energie acustică incidentă trece de al doilea mediu, undele continuându-şi propagarea în acesta). Se pot întâmpla simultan şi ambele fenomene, cu modificări ale direcţiei de propagare şi a caracteristicilor energetice.

Gradul de reflexie şi transmisie a undelor sonore care trec dintr-un mediu în altul se cuantifică prin anumiţi coeficienţi:

- coeficientul de reflexive sonoră, α_r;
- coeficientul de transmisie sonoră, α_{tr}.

Pentru diferite materiale, coeficientul de absorbţie are valorile – tabelul 3:

Tabelul 3

0,45 pentru beton
0,02 pentru sticlă
0,05-0,1 pentru lemn
1 pentru fereastra deschisă

5. Poluarea sonoră specifică judeţului Cluj

Aglomerările urbane sunt cele mai expuse poluării sonore şi cu vibraţii. Aceste tipuri de poluare au o influenţă negativă asupra populaţiei.

În anul 2004 populaţia urbană a judeţului CLUJ era de 455,767 locuitori, iar în 2005 era de 465,506 locuitori, înregistrând o urcare cu 0,97 %, ceea ce confirmă datele de specialitate privind creșterea natalităţii, precum şi emigrarea populaţiei din exterior in Cluj, acest oraș fiind un mar ntruce universitar.

Nivelul de zgomot maxim admis pe timpul zilei (între orele 6,00 - 22,00), conform STAS 10009-88, *Acustică urbană* și conform Ordinului 536/iulie 1997, al Ministrului Sănătății este:

- străzi cu trafic intens: 70 dB;
- străzi cu trafic mediu: 65 dB;
- străzi cu trafic redus (zone rezidenţiale): 60 dB,

iar pe timpul nopţii, valorile trebuie să fie cu minim 10 dB mai mici. Toate valorile au fost măsurate la 2 m distanţă de faţada clădirilor.

6. Concluzii

■ Reducerea poluării sonore este esenţială şi necesită un efort și o răbdare incredibilă.

■ Managementul unui oraş modern trebuie să minimizeze zgomotul pentru a asigura calitatea vieţii locuitorilor, vizitatorilor sau al celor care lucrează în el.

■ Priorităţile pentru zgomot pot fi integrate cu acţiunile pentru siguranţa rutieră, calitatea aerului, culoarul autobuzelor, pista pentru biciclişti, trotuarele și alte îmbunătăţiri.

■ Metodele de combatere constau în a căuta modalităţi mai eficiente de a reduce zgomotul la sursă, în timp ce se folosesc planurile

urbanistice zonale, proiectarea clădirilor, managementul traficului și alte modalităţi de a minimiza expunerea la zgomot și obţinerea unor peisaje sonore îmbunătăţite.

Fig. 4 Aglomerare urbană în Piaţa Cipariu Cluj-Napoca

BIBLIOGRAFIE

[1] Arghir, M., Ispas, V., Crăciun, F., Stoian, I., Blaga, F., Borzan, C., Deliu, Gh., *Monitorizarea zgomotului traficului rutier*, Editura didactică și pedagogică, București, 2008, 644 pag. A4, ISBN 978-973-30-2314-2.
[2] Brândeu, L., Toader, M., Bacria, V., Herisanu, N., Ştefan, C., Cojocaru, M., *Unele soluţii de diminuare a poluării cu vibraţii şi zgomote în mediul de viaţa*, A XII-a Conferinţă cu participare internaţională "Instalaţii pentru construcţii şi confortul ambiental", Timişoara, 10-11 aprilie 2003, pag. 105-112.
[3] http://www.scritube.com/timp-liber/muzica/Sunetul222231118.php

Drd.Ing. Andrei Octavian TRITEAN
Prof.Dr.Ing. Mariana ARGHIR,
Mecanică şi Programare, Facultatea de Construcţii de Maşini,
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,
e-mail: andrei_tritean@yahoo.com, marianananaarghir@yahoo.com,
telefon: 0264 401759, 0264 401657
membri AGIR