

# Aspecte privind propagarea zgomotului cauzat de curgerea aeraulică

Aspects of noise propagation caused by aeraulic flow

Carmen Mârza, Georgiana Corsiuc

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Romania

## **Abstract:**

*The terms of comfort and "well-being" are concepts that includes a cumulus of people requirements regarding the environment in which they operate. In this paper, the authors propose a debate on acoustic comfort in buildings, more specifically aspects of the propagation of noise in the ventilation / air conditioning ducts and the measures required to attenuate them, even if the value of the acoustic pressure due to this cause has no extreme values.*

**Key words:** *acoustic comfort, noise sources, aeraulic flow, noise attenuation.*

## **Rezumat:**

*Noțiunea de confort sau „starea de bine” reprezintă concepte care înglobează un cumul de exigente ale indivizilor vis-a-vis de mediul în care își desfășoară activitatea. În această lucrare, autoarele își propun o dezbatere privind confortul acustic în clădiri, mai concret aspecte legate de propagarea zgomotelor în canalele de ventilare/climatizare și măsurile care se impun pentru atenuarea acestora, chiar dacă valoarea presiunii acustice datorată acestei cauze nu are valori extrem de mari.*

**Cuvinte cheie :** *confort acustic, surse de zgomot, curgere aeraulică, atenuare zgomote.*

## **1. Noțiuni introductive.**

Clădirea constituie mijlocul de protejare al omului împotriva acțiunii factorilor de mediu exterior și are rolul de a asigura ocupanților confortul necesar desfășurării unei multitudini de activități: productive, casnice, culturale, de tratament, de odihnă etc.

Noțiunea de **confort** este o noțiune abstractă, subiectivă și relativ greu de apreciat, care se poate defini simplist prin senzația de armonie sau de bine a organismului vis-a-vis de mediul ambiant. De altfel, aprecierea noțiunii de confort ambiental este dificilă și datorită faptului că înglobează un cumul de cerințe, care pot fi grupate în următoarele categorii fundamentale:

- Confortul termic (higrotermic),
- Confortul acustic,
- Confortul olfactiv,
- Confortul vizual.

În ultima perioadă s-a definit așa numitul concept complex denumit „senzația de bine” (well being) care reflectă nevoile fundamentale fiziologice, psihologice și sociale ale omului în raport cu mediul. Definiția stării de bine este dificilă deoarece simțurile și așteptările indivizilor variază de la un individ la altul sau chiar pentru același individ, dacă se schimbă condițiile.

În această lucrare, după o prezentare generală despre sunet ca fenomen fizic și fiziologic, autoarele dezvoltă aspecte legate de producerea și propagarea zgomotelor în clădiri precum și modalități de realizare a exigentei referitoare la **confortul acustic**. De altfel, proiectarea clădirilor civile trebuie să se realizeze, în acord cu Legea 10/1995 și Directiva Europeană 89/106 privind calitatea în construcții.

Zgomotul reprezintă o suprapunere de sunete pure de frecvențe și amplitudini variabile producând o senzație auditivă considerată ca dezagreabilă, desigur dacă depășește un anumit prag acceptabil. Cercetările din domeniul medical și al igienei muncii au dovedit

acțiunea vătămătoare a zgomotelor asupra activităților intelectuale în primul rând dar și productive, a facultăților de concentrare, somnului, respirației și chiar asupra metabolismului [4].

Principalele surse de zgomot care pot afecta ocupanții unei clădiri sunt: zgomotele din exterior (trafic, activitate seismică), zgomotele provenite din exploatarea curentă a instalațiilor, zgomotele provenite de la spațiile tehnice sau comerciale din clădiri și zgomotele ocazionale, datorate însăși ocupanților [1].

Odată cu creșterea pretențiilor oamenilor relativ la crearea unui ambient confortabil, rolul instalațiilor din cadrul construcțiilor a crescut foarte mult. Pe lângă beneficiile de necontestat ale acestora, apare ca efect secundar negativ generarea zgomotelor și transmiterea acestora de la sursă la receptor, prin următoarele căi [2,6]:

- Prin radiația suprafeței proprii în contact cu aerul, ca și zgomot aerian;
- Prin vibrația elementelor de construcții și a instalațiilor;
- Prin vibrațiile induse în fluidul vehiculat în conducte.

Cu alte cuvinte, funcționarea instalațiilor este însoțită în cele mai multe cazuri de zgomote și vibrații care au ca efect poluarea sonoră a încăperilor.

## 2. Noțiuni fizice și fiziologic despre sunet

Sunetul ca **fenomen fizic** este rezultatul vibrației particulelor materiale și este caracterizat de următoarele mărimi fizice [2,4]:

- **presiunea acustică**, cauzată de o sursă sonoră și se adaugă presiunii statice  $p_0$  a aerului; în calcule și măsurători se utilizează **presiunea acustică eficace**  $p_{ef}$  [ $N/m^2$  sau  $dyn/cm^2$ ];

- **energia acustică**  $W$  [J; erg]; energia sursei se transmite mediului elastic care o propagă odată cu undele acustice; legat de această mărime definim:

- o **densitatea de energie**  $w$ ; se obține raportând energia acustică la volumul mediului [ $J/m^3$ ;  $erg/cm^3$ ];

- o **fluxul de energie acustică**  $\Phi$ ; reprezintă cantitatea de energie acustică care străbate în unitate de timp o suprafață dată [ $W$ ;  $erg/s$ ];

- **intensitatea acustică**  $I$ :

$$I = \frac{\phi}{A} = \frac{W}{At} \quad [\text{W/m}^2 \text{ sau erg/s cm}^2] \quad (1)$$

• **nivelul de intensitate acustică**  $N_i$  (notat  $L_i$  în anumite cărți de specialitate) utilizată pentru ordonarea intensității acustice ale diferitelor surse și raportarea la o intensitate de referință  $I_0$ .

Deoarece urechea nu percepe sunetele ca intensitate după o scară aritmetică (1, 2, 3, ...) ci după o scară logaritmică (1, 10, 100, 1000,...), s-a definit nivelul de intensitate acustică  $N_i$  a unui sunet de intensitate  $I$ :

$$N_i = \lg \frac{I}{I_0} \quad (2a)$$

$$N_i = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad [\text{deciBeli}] \quad (2b)$$

Scara de măsurare a nivelului de intensitate acustică și sensibilitatea urechii omenești este cuprinsă între 0 și 120 dB.

• **nivelul de presiune acustică**  $N_p$  (notat  $L_p$  în anumite cărți de specialitate), se exprimă prin analogie:

$$N_p = 10 \lg \left( \frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \lg \frac{p}{p_0} \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

Dacă zgomotul este produs de mai multe surse, nivelul presiunii acustice se calculează cu relația [3,6]:

$$N_p = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^n 10^{N_{pi}/10} \right) \quad [\text{dB}] \quad (4)$$

unde,  $N_{pi}$ =nivelul presiunii acustice a sursei de zgomot  $i$ ;  
 $n$ = numărul de surse.

Diferența între mărimile  $N_i$  și  $N_p$  în condiții normale de temperatură și presiune este de circa 0.2 dB, astfel încât în practica curentă se poate utiliza oricare dintre aceste mărimi.

Din punct de vedere **fiziologic**, energia sonoră de tip mecanic, pentru a fi recepționată și analizată de creier este convertită în energie de tip electric prin intermediul celor 30 000 ÷ 40 000 de celule senzoriale din organul Corti [5]. Sistemul auditiv este foarte complex și e structurat pe trei părți: urechea externă – formată din pavilion și care colectează undele sonore și le conduc la timpan; urechea medie – conține cele trei oscioare scărița, ciocanul și nicovala prin care se transmit vibrațiile de la timpan la poarta de intrare în urechea internă; și în fine, urechea internă – în care se efectuează trecerea undelor sonore din mediu gazos în mediu apos.

Deci, variațiile de presiune ale aerului produse de **undele acustice** sunt transformate prin organul auditiv al omului în **senzații auditive**.

Domeniul de audibilitate cuprinde vibrațiile acustice cu frecvențe cuprinse între 16 Hz și 16000 Hz. Vibrațiile cu frecvență sub 16 Hz se numesc infrasunete, iar cele cu frecvență peste 16000 Hz se numesc ultrasunete.

În Fig. 1 s-a reprezentat **domeniul de audibilitate** pentru urechea umană [1,4]. De exemplu, un sunet cu frecvența de 1000 Hz, va avea următoarele limite [5]:

- pragul de audibilitate inferior caracterizat prin:

$$I_{\min} = 10^{-12} \text{ W/m}^2 = 10^{-9} \text{ erg/s cm}^2;$$

$$p_{\min} = 2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2 = 2 \times 10^{-4} \text{ dyN/cm}^2.$$

- pragul senzației dureroase caracterizat prin:

$$I_{\max} = 1 \text{ W/m}^2 = 10^3 \text{ erg/s cm}^2;$$

$$p_{\max} = 2 \times 10 \text{ N/m}^2 = 2 \times 10^2 \text{ dyN/cm}^2.$$

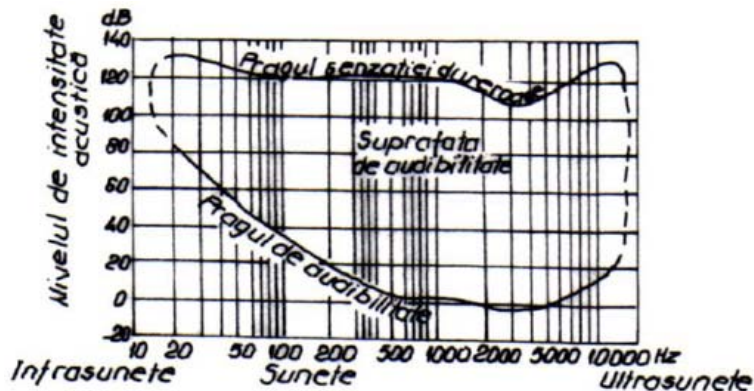


Fig.1 Domeniul de audibilitate

Dacă se depășește pragul senzației dureroase, organul auditiv este afectat, astfel încât se poate ajunge în extremis la spargerea timpanului, hemoragii, pierderea parțială sau totală a auzului, etc. Senzația auditivă se caracterizează din punct de vedere fiziologic prin:

- **nivelul de tărie sau amplitudine**, care se măsoară în **foni** și este o mărime similară cu nivelul de intensitate.

La frecvențe de 1000 Hz, respectiv pentru combaterea zgomotelor în încăperi cu destinații curente se acceptă aproximarea  $1 \text{ dB} = 1 \text{ fon}$ . Pentru săli care necesită o acustică specială se fac alte echivalențe între sunetul ca fenomen fizic și cel fiziologic [3], prin intermediul curbelor de egală tărie sonoră stabilite de *Fletcher-Munson*.

- **înălțimea sunetului**, are ca unitate de măsură **mel-ul** și este o însușire a senzației auditive după care sunetele percepute pot fi ordonate pe o scară, de la sunete joase – de frecvențe mici, la sunete înalte – de frecvență ridicată; senzația de înălțime a sunetului variază cu logaritmul frecvenței.

- **timbrul** sau nuanța sunetului.

### 3. Zgomotul produs în canale de aer și măsuri pentru reducerea acestuia

Zgomotul produs în canale este cauzat în principal de acțiunea aerodinamică la schimbarea direcției și/sau secțiunii canalului prin vibrațiile induse în fluidul vehiculat datorită frecărilor care intervin atât în interiorul fluidului, cât și între fluid și pereții canalului. La tubulatura rectangulară, reflexiile undelor sonore sunt mai ridicate decât în cazul canalelor de secțiune circulară [3,8].

Nivelul presiunii acustice în canale drepte se determină cu relația [6]:

$$N_{pa} = 10 + 50 \lg v + 10 \lg A \text{ [dB]} \quad (5)$$

în care,  $v$  = viteza aerului [m/s],  
 $A$  = aria secțiunii canalului [m<sup>2</sup>].

Menționăm că în piesele aferente tubulaturii cum sunt coturi, curbe, ramificații, piese de legătură, nivelul zgomotului indus este diferit și poate fi amplificat sau redus în anumite condiții, după forma geometrică a piesei, respectiv după modul de curgere a fluidului, respectiv gradul de turbulență. Deoarece varietatea acestor piese este mare, zgomotul produs și propagat prin acestea a fost studiat, fără a acoperi toate situațiile întâlnite în situ. S-a constatat că acele piese sunt mai avantajoase la care lățimea canalelor corespunde cu lungimea de undă a propagării sunetului.

Zgomotul produs de instalația de ventilare/climatizare, la trecerea prin tubulatură se diminuează într-o oarecare măsură dacă instalația este corect dimensionată și aerul se deplasează cu anumite valori, care evident variază în funcție de destinația clădirilor – vezi Tabelul 1 [7]. Acest proces se numește atenuare naturală, care de regulă este insuficientă, depășind nivelul acustic acceptat. Astfel, e necesară o atenuare suplimentară, numită artificială, prin apelarea la atenuatoare de zgomot, căptușirea canalelor etc.

Tabelul 1

Valori admise ale intensității sonore

Destinația clădirilor	Nivelul admis al intensității sonore [dB]
1. Clădiri de locuit	35
2. Săli de studiu, biblioteci	35
3. Săli de restaurant	50
4. Birouri de administrație	45
5. Amfiteatre, săli conferințe	40

Atenuarea zgomotului în canale drepte  $\Delta N_p$  se calculează cu relația:

$$\Delta N_p = 1.5 \cdot \alpha \cdot \frac{P}{A} \text{ [dB/m]} \quad (6)$$

unde,  $\alpha$  = coeficient de absorbție sonoră a peretelui, care depinde de forma și materialul conductei, de dimensiunile conductei și de frecvența zgomotului;

$P$  = perimetrul interior al canalului căptușit [m];

$A$  = secțiunea liberă a canalului după căptușire [m<sup>2</sup>].

În ceea ce privește atenuarea zgomotului prin canalele de aer, se recomandă prevederea unor măsuri începând cu faza de proiectare [6,7, 8]:

- la dimensionarea canalelor, utilizarea vitezelor de circulație moderate, conform Tabelului 2 (extras din [7]);

Viteze recomandate pentru deplasarea aerului în canale

Tipul canalului	Viteza aerului [m/s]	
	Clădiri civile, social-culturale	Clădiri industriale
Canal principal	5... 8	8...12
Canal secundar	3...5	5...8

- evitarea canalelor cu muchii ascuțite [6];
- rigidizarea laturilor mari ale canalelor;
- căptușirea la interior a canalelor de ventilare cu materiale fonoabsorbante.

Legat de aceasta din urmă măsură, specificăm că materialele utilizate trebuie să aibă anumite proprietăți, dintre care amintim: să fie rezistente la foc, la bacterii, să nu absoarbă umiditatea aerului vehiculat, să fie inodore, să nu se descompună astfel încât să genereze particule de praf etc.

Materialele fonoabsorbante se fixează pe pereții interiori în lungul canalului, paralel cu latura mică sau cu latura mare, respectiv pot fi dispuse lamelar [2, 8] compartimentând conducta.

În Fig. 2 sunt prezentate posibilitățile de dispunere a materialelor pentru realizarea atenuării zgomotelor. Există și varianta dispunerii în zig-zag a plăcilor, dar nu este recomandată datorită neajunsurilor care le implică: dificultatea execuției și creșterea pierderilor de sarcină.

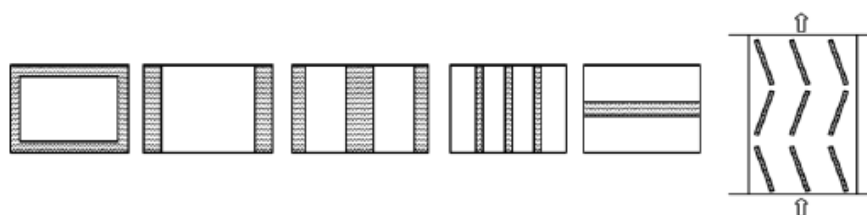


Fig.2. Modalități de căptușire a canalelor rectangulare

#### 4. Concluzii

Confortul acustic reprezintă o componentă importantă a confortului, cu un impact semnificativ asupra randamentului intelectual (și nu numai) al ocupanților unui spațiu indiferent de destinația lui.

Studiul referitor la propagarea zgomotelor într-o instalație la modul general, respectiv la instalațiile de ventilare/climatizare în particular, este laborios deoarece fiecare instalație trebuie particularizată după datele de proiectare, iar incidența tipizării este minimă. De aceea, soluțiile trebuie analizate cu maximă responsabilitate.

Partea referitoare la confortul acustic și propagarea zgomotelor necesită cunoștințe avansate de fizică și inginerie. Atenuarea la zgomot pentru clădirile cu destinații comune se face simplificat, pentru frecvențe de 250 Hz. Dar pentru clădirile cu destinații speciale, ca de exemplu săli de operă, de concerte, studiouri etc. calculul se face pentru întreaga gamă de frecvență.

**Bibliografie:**

- [1] Comșa, E., Construcții civile – Elemente de higrotermica și acustica clădirilor, 1992.
- [2] Domnița, F., Popovici, T, Huțupan, A, Instalații de ventilare și condiționare, vol.II, Ed. UTPRESS Cluj-Napoca, 2011.
- [3] Iordache, V., Protecție la zgomot, acustica clădirii și a instalațiilor, Ed. Matrix București, 2007.
- [4] Mârza, C., Aspecte teoretice privind confortul acustic în clădiri civile (I), Conferința “Știința modernă și energia”, Cluj-Napoca, mai 2006, Ed.Risoprint, ISBN 973-751-215-4.
- [5] Recknagel, Sprenger, Honmann, Manuel pratique du genie climatique, PYC Edition, 1995.
- [6] Sârbu, I., Păcurar, C., Confortul ambiental, Ed. Politehnica, Timișoara, 2013.
- [7] \*\*\*Normativ privind acustica în construcții și în zone urbane, Indicativ C 125, 2012.
- [8] \*\*\*Manualul de Instalații, Volumul Instalații de ventilare și climatizare, Ed. ARTECNO București, 2010.