

# Subjektívne vnímanie hluku z dopravy

Milan Drahoš, Ing.- Richard Drahoš, Ing.  
D2R engineering, s.r.o., Na letisko 42, Poprad  
[d2r@d2r.sk](mailto:d2r@d2r.sk)

## Úvod

Pod pojmom zvuk sa okrem definície fyzikálnej podstaty jeho vzniku rozumie aj akustické vlnenie, ktoré je schopné vyvolať u človeka vnem. Z fyzikálneho hľadiska ide o akustické javy, ktoré prebiehajú v čase a priestore podľa fyzikálnych zákonitostí, pričom akustická energia podlieha entropii a nezanecháva v prostredí žiadne rezíduá. Akustické javy sú charakteristické tým, že každý zdroj hluku sa vyznačuje inou časovou zmenou úrovne, trvaním hluku a iným frekvenčným zložením (spektrom).

Pod pojmom akustická pohoda sa rozumie stav mysle, ktorá vyjadruje spokojnosť človeka s akustickým prostredím a ktorá vychádza zo subjektívneho vnímania zvukov. V súbore zvukov generovaných rôznymi zdrojmi zvuku vo vonkajšom alebo vnútornom prostredí, subjektívne vnímanie zvukov jednotlivcom alebo skupinou osôb spravidla vyselektuje tzv. "špecifický zvuk", ktorý súvisí s konkrétnym (identifikovaným) zdrojom zvuku a je charakterizovaný ako rušivý, obťažujúci alebo nepríjemný hluk.

Prieskumy zamerané na psychofyziológické aspekty rušivosti hluku v mimopracovnom prostredí [1] potvrdili, že je potrebné rozlišovať medzi **mrzutosťou** (annoyance), ako všeobecnou odpoveďou obyvateľov na hluk a **senzitivitou** na hluk zahrnutou do osobnostných vlastností jednotlivcov.

Pod **mrzutosťou** sa rozumie psychický stav, ktorý vzniká pri mimovoľnom vnímaní vplyvov alebo podriaďovania sa okolnostiam, ku ktorým má jedinec zamietavý postoj, pretože narušuje jeho súkromie, ruší jeho činnosť alebo odpočinok a na ktorý reaguje pocitom odporu, podráždenosťou a v niektorých prípadoch až psychosomatickými poruchami.

**Senzitivitu a toleranciu** na hluk je možné považovať za vlastnosti organizmu, ktoré tvoria protipóly spôsobu reaktivity voči hluku. Senzitivných jedincov je možné označiť za osoby s vysokou mrzutosťou, rozladením a nízkym prahom citlivosti na hluk. Zatiaľ čo mrzutosť je špecifickou dočasnou reakciou na daný hluk, senzitivita sa vzťahuje k postojom na hluk všeobecne.

## Subjektívne vnímanie hluku z dopravy

V záveroch prieskumov a výskumných prác zameraných na hodnotenie subjektívnych pocitov ľudí na rušivé účinky hluku v mimopracovnom prostredí vykonaných v 80 a 90-tych rokoch 20. storočia sa konštatuje, že pri posudzovaní hluku je nutné zohľadniť nielen jeho energetickú stránku (ekvivalentnú hladinu), ale aj dynamiku a "informatívnosť" hluku (zákon nevyhnutnej rôznorodosti hluku).

Podľa [2] informácia sprostredkovaná zvukom (akustická informácia) je zakódovaná v celom komplexe jeho štruktúry, pričom hlavnými parametrami sú spektrálna výkonová hustota, frekvencia (ostrosť, farba) a rytmus (fluktuácia a opakovanie v časovom priebehu akustického javu).

Okrem národných štandardov ustanovujúcich prípustné (medzné, limitné) hodnoty akustických (určujúcich) veličín v mimopracovnom prostredí pre typické zdroje hluku sa priebežne hľadajú kritériá na posudzovanie subjektívnych pocitov ľudí na rušivé a obťažujúce účinky hluku.

Podľa štúdie [3] subjektívny vnem hlukovej expozície z dopravy sa môže vyjadriť vzťahom:

$$L_S = \overline{L}_A + k\sigma$$

kde  $L_S$  - hladina subjektívneho hodnotenia hluku,  
 $\overline{L}_A$  - stredná hladina A akustického tlaku v posudzovanom mieste a čase,  
 $\sigma$  - stredná kvadratická odchýlka,  
 $k$  - subjektívny faktor určený na základe regresívnej analýzy:

$$k = 2[1 + e^{-1,7\gamma}]^{-1} + 0,5$$

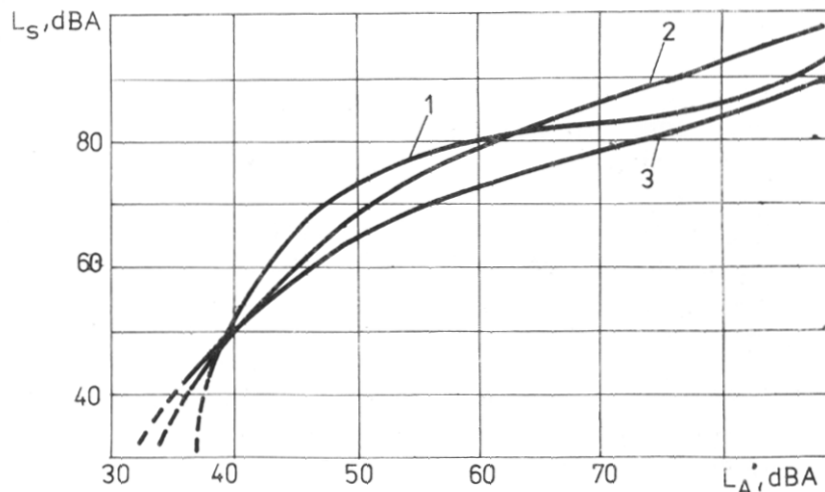
kde  $\gamma$  - súčiniteľ zohľadňujúci asymetrické rozloženie hluku.

Pre určenie hladiny subjektívneho hodnotenia hluku sa vychádza z výpočtových vzťahov:

$$\overline{L}_A = L_{50} \quad \sigma = 0,39(L_{10} - L_{90}) \quad \gamma = \frac{L_{10} + L_{90} - 2L_{50}}{L_{10} - L_{90}}$$

kde  $(L_{10}-L_{90})$  - charakterizuje hlukovú situáciu v posudzovanom mieste (štatistická dynamika hluku),  
 $L_{10}$  - charakterizuje priemernú maximálnu hladinu A akustického tlaku,  
 $L_{90}$  - charakterizuje základnú hladinu A akustického tlaku.

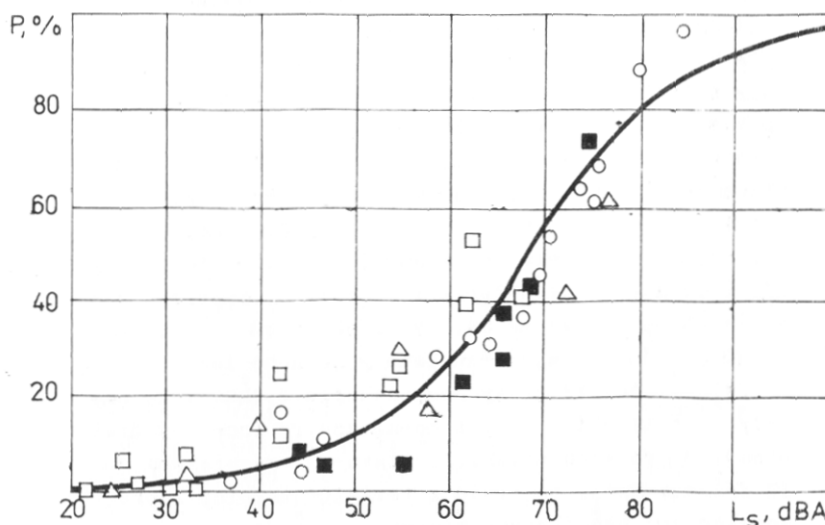
Na základe výsledkov merania hluku z dopravy v mimopracovnom prostredí bola podľa uvedených vzťahov stanovená empirická závislosť medzi hladinou subjektívneho hodnotenia hluku  $L_S$  a hladinou A akustického tlaku  $L_A$ , ktorá je dokumentovaná na obrázku č. 1.



Legenda: 1 - automobilový hluk, 2 - letecký hluk, 3 - železničný hluk

Obrázok - 1 Závislosť medzi hladinou  $L_S$  a  $L_A$

Ak sa namerané údaje o hluku a výsledky prieskumu subjektívneho vnímania podľa druhu dopravy podrobili regresívnej analýze pomocou matematického modelu vyjadreného funkciou kontrastu, regresia percenta ľudí rušených hlukom vo forme grafu regresnej krivky je uvedená na obrázku č. 2.



Obrázok 2 - Regresia percenta ľudí rušených hlukom na subjektívny vnem

Legenda: o - automobilový hluk,  $\Delta$  - letecký hluk,  $\square$  - železničný hluk

V závere štúdie je uvedené, že subjektívne vnímaná hladina hluku je univerzálnym kritériom na opis hluku z dopravy v okolitom (vonkajšom) prostredí.

Svetová zdravotnícka organizácia (WHO) pri odporúčaní posudzovania hluku z dopravy [4] vychádza z poznatkov o vplyve na:

- a) zhoršenie komunikácie reči,
- b) obťažovanie (pocit nepohody, mrzutosť),

c) rušenie spánku v nočnom čase.

Pri pôsobení hluku okrem senzitivity osôb a fyzikálnych vlastnostiach hluku veľmi záleží aj na ďalších neakustických faktoroch - sociálnej, psychologickkej alebo ekonomickej povahy. To spôsobuje, že výsledky epidemiologických štúdií pri rovnakých zdrojoch a úrovniach v rôznych lokalitách sú rozdielne. Všeobecne platí, že u obyvateľov rodinných domov nastáva zrovnateľný stupeň obťažovania až pri hladinách o cca 10 dB vyšších ako u obyvateľov bytových domov.

Významný je aj vzťah k zdroju hluku, pocit do akej miery ho môže človek ovplyvňovať, alebo či má pre neho nejaký ekonomický význam. Menšiu mrzutosť spôsobuje hluk o ktorom je dopredu informovaný a bude trvať len určitú vymedzenú dobu.

K objasneniu vzťahov medzi hlukovou expozíciou (záťažou) z dopravy a intenzitou obťažovania obyvateľov resp. intenzitou rušenia v spánku boli v zahraničí realizované epidemiologické štúdie za účelom odvodenia kvantitatívneho vzťahu medzi expozíciou a účinkom.

Odporúčania WHO vychádzajú z výsledkov Holandského inštitútu pre aplikovaný vedecký výskum (TNO) z roku 2001 a 2007. Pri posudzovaní obťažovania, úroveň hluku pred obvodovými stenami (fasádami) obytných budov je vyjadrená:

a) ekvivalentnou hladinou A akustického tlaku pre 24 hodín so zvýšením hladiny v nočnom čase o 10 dB -  $L_{dn}$ , alebo

b) ekvivalentnou hladinou A akustického tlaku pre 24 hodín so zvýšením hladiny vo večernom čase o 5 dB a v nočnom čase o 10 dB -  $L_{dvn}$ ,

a pri posudzovaní rušenia v spánku, úroveň hluku je vyjadrená priemernou ročnou ekvivalentnou hladinou A akustického tlaku pre noc (8 hodín) -  $L_{night}$ .

### • **Obťažovanie hlukom**

Obťažovanie hlukom je reakcia ľudí na hlukovú situáciu (expozíciu, záťaž), kde sa uplatňuje emočná zložka vnímania hluku a aj jeho poznávacía (informačná) zložka pri vykonávaní rôznych aktivít (činností). Reakcia na hluk vyvoláva celý rad negatívnych emočných stavov, medzi ktoré patria pocity mrzutosti, nespokojnosti a zlej nálady, depresie, pocity beznádeje alebo vyčerpanosti. U každého človeka však existuje určitý stupeň senzitivity, t.j. tolerancie k rušivému účinku hluku, ako významnej fixovanej osobnej vlastnosti.

Pri posudzovaní obťažovania sa vychádza z expozície fasád chránených budov ekvivalentnou hladinou A akustického tlaku,  $L_{dn}$  v intervale 45 dB až 75 dB a percentom obťažovaných obyvateľov. Vzťahy sú odvodené pre tri úrovne obťažovania vzťahované k teoretickej 100 stupňovej stupnici intenzity obťažovania.

Prvá úroveň *LA* (Little Annoyed) zahrňuje percento osôb obťažovaných od 28. stupňa 100 stupňovej stupnice intenzity obťažovania, druhá úroveň *A* (Annoyed) od 50. stupňa a tretia úroveň *HA* (Highly Annoyed) od 72. stupňa tejto stupnice (osoby s výraznými pocitmi obťažovania).

Obťažovanie hlukom pre jednotlivé druhy dopravy je vyjadrené empirickými vzťahmi:

a) pre cestnú dopravu:

$$\%LA = -6,188 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 32)^3 + 5,379 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{dn} - 32)^2 + 0,723 \cdot (L_{dn} - 32)$$

$$\%A = 1,732 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 37)^3 + 2,079 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{dn} - 37)^2 + 0,566 \cdot (L_{dn} - 37)$$

$$\%HA = 9,994 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 42)^3 + 1,523 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{dn} - 42)^2 + 0,538 \cdot (L_{dn} - 42)$$

b) pre železničnú dopravu:

$$\%LA = -3,343 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 32)^3 + 4,918 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{dn} - 32)^2 + 0,175 \cdot (L_{dn} - 32)$$

$$\%A = 4,552 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 37)^3 + 9,400 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{dn} - 37)^2 + 0,212 \cdot (L_{dn} - 37)$$

$$\%HA = 7,158 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 42)^3 - 7,774 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{dn} - 42)^2 + 0,163 \cdot (L_{dn} - 42)$$

c) pre leteckú dopravu:

$$\%LA = -5,741 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 32)^3 + 2,836 \cdot 10^{-2} \cdot (L_{dn} - 32)^2 + 1,912 \cdot (L_{dn} - 32)$$

$$\%A = 1,460 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 37)^3 + 1,511 \cdot 10^{-3} \cdot (L_{dn} - 37)^2 + 1,346 \cdot (L_{dn} - 37)$$

$$\%HA = -1,395 \cdot 10^{-4} \cdot (L_{dn} - 42)^3 + 4,081 \cdot 10^{-3} \cdot (L_{dn} - 42)^2 + 0,342 \cdot (L_{dn} - 42)$$

#### • Rušenie spánku hlukom

Rušenie spánku hlukom sa preukázateľne prejavuje ťažkosťami pri usínaní, prebúdzaní, narušení dĺžky a hĺbky a najmä redukciou dôležitej REM fázy spánku. Vplyvom hluku je možné pozorovať u spiacich osôb zvýšenie krvného tlaku, zrýchlenie srdcovej frekvencie, zvýšenú frekvenciu pohybov, zmeny dýchania a zvýšené uvoľňovanie stresových faktorov.

Pri subjektívnom rušení spánku sa vychádza z expozície fasád obytných budov priemernou ročnou ekvivalentnou hladinou A akustického tlaku pre noc,  $L_{night}$  v intervale 40 dB až 70 dB a percentom obyvateľov rušených v spánku. Rovnako ako pri obťažovaní hlukom sú aj pre rušenie hlukom v spánku odvodené tri úrovne rušivého účinku vzťahované k teoretickej 100 stupňovej stupnici intenzity rušivého účinku.

Prvá úroveň *LSD* (Lowly Sleep Disturbed) zahŕňa percento osôb obťažovaných od 28. stupňa 100 stupňovej stupnice intenzity obťažovania, druhá úroveň *SD* (Sleep Disturbed) je od 50. stupňa a tretia *HSD* (Highly Sleep Disturbed) je od 72. stupňa stupnice intenzity rušivého účinku.

Rušivý účinok hluku v spánku pre jednotlivé druhy dopravy je vyjadrený empirickými vzťahmi:

a) pre cestnú dopravu:

$$\%LSD = -8,4 - 0,16 \cdot L_{night} + 0,0108 \cdot (L_{night})^2$$

$$\%SD = 13,8 - 0,85 \cdot L_{night} + 0,01670 \cdot (L_{night})^2$$

$$\%HSD = 20,8 - 1,05 \cdot L_{night} + 0,01486 \cdot (L_{night})^2$$

b) pre železničnú dopravu:

$$\%LSD = 4,7 - 0,31 \cdot L_{\text{night}} + 0,01125 \cdot (L_{\text{night}})^2$$

$$\%SD = 12,5 - 0,66 \cdot L_{\text{night}} + 0,01121 \cdot (L_{\text{night}})^2$$

$$\%HSD = 11,3 - 0,55 \cdot L_{\text{night}} + 0,00759 \cdot (L_{\text{night}})^2$$

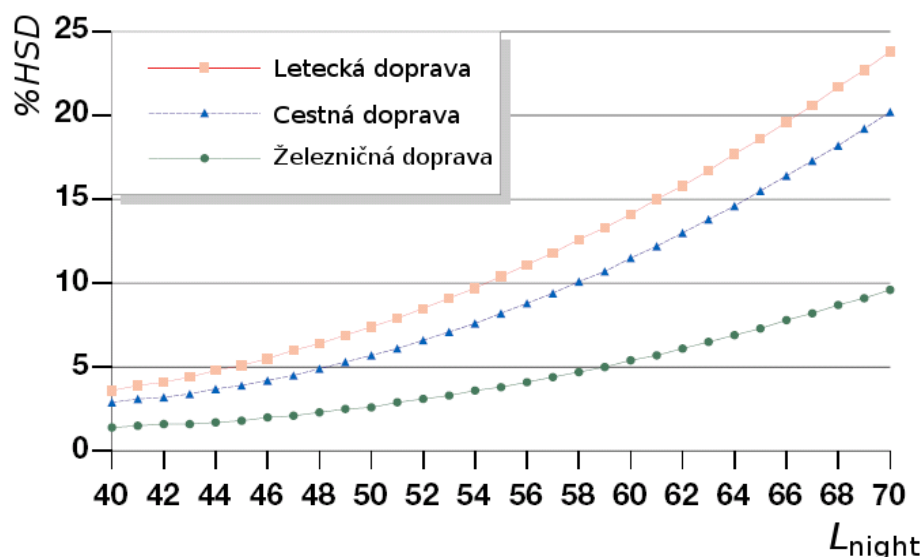
c) pre leteckú dopravu:

$$\%LSD = 4,465 - 0,411 \cdot L_{\text{night}} + 0,01395 \cdot (L_{\text{night}})^2$$

$$\%SD = 13,714 - 0,8077 \cdot L_{\text{night}} + 0,01555 \cdot (L_{\text{night}})^2$$

$$\%HSD = 18,147 - 0,956 \cdot L_{\text{night}} + 0,01482 \cdot (L_{\text{night}})^2$$

Na obrázku č. 3 je znázornené percento veľmi rušených osôb v spánku (%HSD) v závislosti od hladiny  $L_{\text{night}}$  pred fasádou obytných budov.



Obrázok 3 - Percento *HSD* pre rôzne druhy dopravy v závislosti od  $L_{\text{night}}$

Pri posudzovaní miery zdravotného rizika z hluku dopravy sa v posudzovanej obytnej zóne (meste, obci) môže vychádzať z údajov o počte obyvateľov s trvalým bydliskom a z hlukových pásiem vyznačených izofónami hladín  $L_{\text{dn}}$  a  $L_{\text{night}}$ .

V tabuľke je uvedený príklad odhadu počtu obyvateľov v obci [5], ktorí sú rôznou úrovňou obťažovaní resp. rušení v spánku hlukom z cestnej a železničnej dopravy vrátane leteckej dopravy (mimo nočného času).

Počet obyvateľov	Zdroj hluku	Počet obyvateľov obťažovaných			Počet obyvateľov rušených v spánku		
		LA	A	HA	LSD	SD	HSD
456	Cesta 1. triedy	14	6	2	2	1	0
	Železničná trať	35	13	3	22	9	3
	Letisko	89	47	15	0	0	0

## **Záver**

Z odporúčaní WHO vyplýva, že prípustné hodnoty ekvivalentných hladín A akustického tlaku pre referenčné časové intervaly (deň, večer a noc) v chránenom vonkajšom prostredí pre jednotlivé druhy dopravy by mali vychádzať z prijateľného percenta obťažovaných resp. rušených obyvateľov v spánku s prihliadnutím na ekonomickú úroveň spoločnosti.

Špecifická situácia nastáva pri posudzovaní oprávnenosti sťažností jednotlivcov alebo skupiny občanov na rušenie hlukom z iných zdrojov (stacionárnych zariadení, výrobných a nevýrobných prevádzok a pod.) alebo rušenie hlukom, ktorý je spôsobený aktivitami ľudí. Subjektívne vnímanie špecifického (identifikovaného) hluku súvisí s jeho časovým charakterom, frekvenčným spektrom, trvaním a výrazne ho ovplyvňuje zdravotný stav sťažovateľov a emočný vzťah k zdroju hluku.

## **Literatúra**

- [1] Jelínková, Z.: Odpovedi obyvateľstva na hlukovú záťaž. Zborník 21. akustickej konferencie, DT Bratislava, 1982
- [2] Bělín, P: Možnosti sledovania celkovej nešpecifickej odpovede organizmu na záťaž. Kandidátska dizertačná práca, Poprad 1978
- [3] Kaljužnyj, V.V, Tomašovič, P: Hodnotenie komunálneho hluku obyvateľstvom, Zborník 24. akustickej konferencie, DT Bratislava, 1985
- [4] WHO, Regional Office for Europe: Night noise Guidelines (NNGL) for Europe, WHO, 2009
- [5] Havel, B: Znalecký posudok Letiště Vodochody, 2008