
**SKRYTÁ VADA STROPŮ S PODLAHOU, NEBO NEDOSTATEK V POSUZOVÁNÍ
KROČEJOVÉ NEPRŮZVUČNOSTI?**

**CONCEALED DAMAGE THE CEILING TO THE FLOOR, OR THE LACK OF
ASSESSMENT OF IMPACT SOUND?**

Berková Petra¹⁰⁵, Berka Pavel¹⁰⁶

ABSTRAKT:

Na základě stížností uživatelů bytů byla zjištěna podstatná skutečnost, týkající se převážně stropů s podlahou, u níž je nášlapná vrstva tvořena laminem. Přestože tyto konstrukce vyhovují z hlediska kročejové neprůzvučnosti, obyvatelé si opakovaně stěžují na špatnou akustickou pohodu především v oblasti vnímání pohybu osob po podlaze ve vyšším podlaží. Spektrální analýzou zdroje hluku (pohyb osob po stropní konstrukci s podlahou) bylo zjištěno, že se jedná o zdroj hluku s výraznými složkami v oblasti nízkých kmitočtů (31,5 až 40) Hz, tedy mimo oblast hodnocení kročejové neprůzvučnosti dle platné legislativy.

ABSTRACT:

Based on the complaints of users apartments was found essential, mainly relating to ceilings to the floor, at which the top layer consists of laminated . Although these structures conform in terms of impact sound , residents have repeatedly complained about the poor acoustic comfort especially in the perception of movement across the floor in a higher floor. Spectral analysis of the noise source (the movement of persons roof construction with floor) were found to be the source of significant noise components in the low frequency range (31,5 to 40) Hz , that is outside the area of impact sound insulation rating per local legislation.

KLÍČOVÁ SLOVA:

nízkofrekvenční zvuk, kročejová neprůzvučnost, spektrální analýza, stropní konstrukce, nášlapná vrstva lamino, subjektivní vnímání, dupání

KEYWORDS:

low – frequency sound, impact sound insulation, spectral analysis, ceiling construction, wear-layer laminate, subjective perception, stomping

1 ÚVOD

Stavební konstrukce dnes musí splňovat současně velké množství požadavků (tepelně technických, akustických, statických, atd.), které jsou často protichůdné. Trendem současné doby je vylehčování konstrukcí využíváním stavebních prvků s nižší objemovou hmotností a zavádění moderních technologických postupů. Ve stavební akustice v ČR je tradičně využíván pro hodnocení zvukoizolačních vlastností konstrukcí frekvenční rozsah

¹⁰⁵⁾ Berková, Petra, Ing. – VUT FAST Brno, Veveří 331/95, Brno, + 420 721653255, cuprova.p@seznam.cz

¹⁰⁶⁾ Berka, Pavel, Ing., Ph.D. – Laboratoř BP akustika, Klokočí 8, Brno, + 420 604356221, info@bpakustika.cz

(100 – 3150) Hz. Použití některých stavebních materiálů ve skladbách horizontálních dělicích konstrukcí přináší nárůst problémů v oblasti nižších kmitočtů. Tak vzniká potřeba hodnotit konstrukci i v závislosti na charakteristickém spektru zvuku. Tato problematika je v současné době řešena prostřednictvím faktoru přizpůsobení spektru CI a doporučením posuzovat konstrukci v rozšířeném kmitočtovém rozsahu (50 – 2500) Hz.

2 MĚŘENÍ KROČEJOVÉ NEPRŮZVUČNOSTI

Na základě rozhovorů s uživateli bytů při akustických měřeních byla zjištěna podstatná skutečnost, týkající se převážně stropních konstrukcí s podlahou s nášlapnou vrstvou tvořenou laminem. Přestože tyto konstrukce vyhovují z hlediska kročejové neprůzvučnosti, obyvatelé si opakovaně stěžují na špatnou akustickou pohodu především v oblasti vnímání zvuků na nižších kmitočtech. Pravděpodobnou příčinou je výrazný útlum podlahových vrstev v oblasti středních a vyšších kmitočtů, tj. (400 – 3150) Hz. Zvuky nižších frekvencí v těchto případech nejsou maskovány zvuky v běžných kmitočtových pásmech a jsou subjektivně vnímány citlivějšími uživateli. Zvukoizolační schopnosti stavebních konstrukcí jsou v oblasti nízkých frekvencí velmi nízké.

2.1 Identifikace nízkofrekvenčního hluku měřením mimo oblast hodnocení kročejové neprůzvučnosti a nedostatky hodnotících metod používaných v současné době

Problematika je popsána na příkladu výsledků měření v bytovém domě, kde dochází v prostorách bytu situovaného v 1.NP ke značnému subjektivnímu rušení hlukem, způsobeným pohybem osob (uživatel bytu 2.NP) po stropní konstrukci s podlahou (chůze, apod.). Na základě této skutečnosti bylo provedeno měření kročejové neprůzvučnosti stropní konstrukce s podlahou oddělující prostory bytu v 1.NP a místnost bytu ve 2.NP. Dále provedeno informativní měření spektrální analýzy hluku způsobeného pohybem osob po stropní konstrukci s podlahou ve 2.NP.

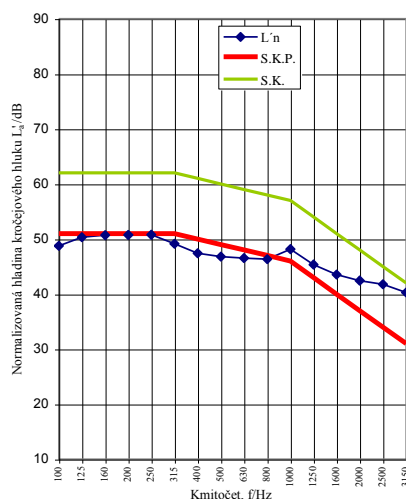
f	T	L'_{i}	L'_{n}	S.K.P.
Hz	s	dB	dB	dB
50				
63				
80				
100	0,38	48,7	48,8	51
125	0,22	47,9	50,3	51
160	0,35	50,3	50,7	51
200	0,35	50,4	50,7	51
250	0,3	49,7	50,8	51
315	0,28	47,8	49,2	51
400	0,32	46,6	47,4	50
500	0,28	45,4	46,8	49
630	0,27	45,0	46,5	48
800	0,27	44,8	46,3	47
1000	0,27	46,7	48,2	46
1250	0,27	43,8	45,3	43
1600	0,28	42,2	43,5	40
2000	0,27	40,9	42,5	37
2500	0,26	40,1	41,8	34
3150	0,26	38,6	40,3	31
4000				
5000				

X korigované hodnoty

f kmitočet

T doba dozvuku

L'_{i} hladina akustického tlaku kročejového zvuku



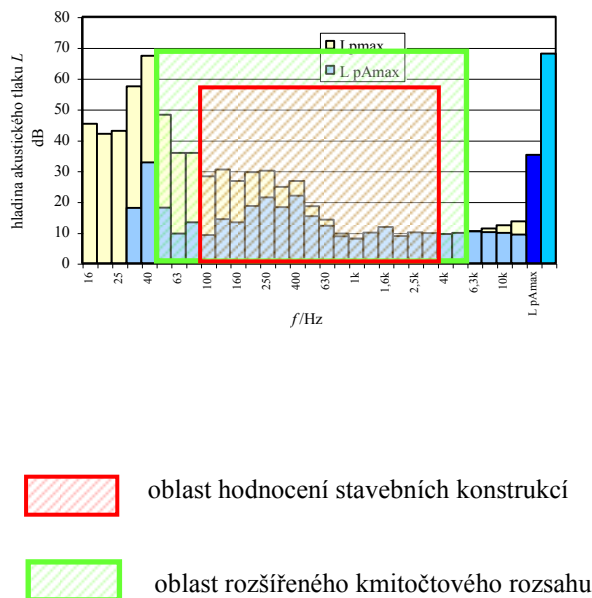
L'_{n} normalizovaná hladina ak. tlaku kročejového zvuku

$L'_{n,w}$ vážená normalizovaná hladina ak. tlaku kročejového zvuku

Obr. 1 – Výsledky měření kročejové neprůzvučnosti horizontální dělicí konstrukce mezi 1.NP a 2.NP

Fig. 1 – The results of measurements of impact sound insulation of horizontal separation between design and 1.NP 2.NP

f	L_{pmax}	L_{pAmax}	U_{pmax}
Hz	dB	dB	dB
16	45,3	-	4,3
20	42,0	-	6,9
25	43,0	-	5,4
31,5	57,4	18,0	1,9
40	67,4	32,8	1,0
50	48,2	18,0	2,1
63	35,8	9,6	1,4
80	35,8	13,3	1,0
100	28,3	9,2	3,3
125	30,4	14,3	1,1
160	26,7	13,3	2,3
200	29,5	18,6	1,8
250	30,0	21,4	1,1
315	24,8	18,2	1,0
400	26,7	21,9	3,7
500	18,5	15,3	1,3
630	14,1	12,2	1,3
800	9,6	8,8	1,1
1k	8,0	8,0	1,1
1,25k	9,3	9,9	1,9
1,6k	10,7	11,7	1,2
2k	7,6	8,8	1,0
2,5k	8,8	10,1	1,0
3,15k	8,6	9,8	1,0
4k	8,4	9,4	1,0
5k	9,3	9,8	1,0
6,3k	10,5	10,4	1,0
8k	11,3	10,2	1,0
10k	12,4	9,9	1,0
12,5k	13,6	9,3	1,0
L_{pAmax}	35,2		1,4
L_{pCmax}	68,1		1,8



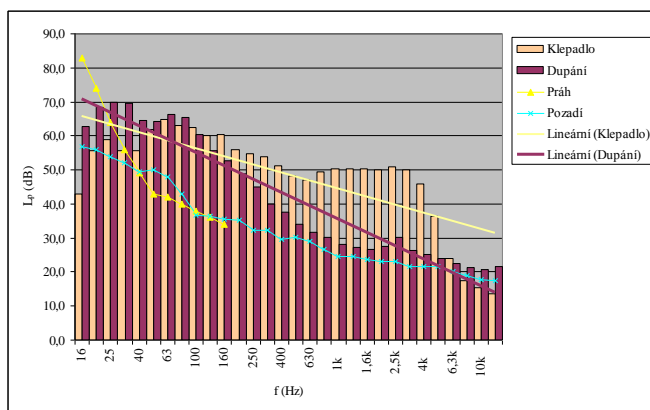
Obr. 2 – Spektrální analýza informativního měření hluku způsobeného pohybem osob po stropní konstrukci s podlahou nad 1.NP

Fig. 2 – Spectral analysis of informative measurement noise caused by movement people roof construction to the floor above 1.NP

Požadavek z hlediska kročejové neprůzvučnosti na útlum horizontálních dělicích konstrukcí oddělujících dva byty je dle ČSN 73 0532: 2010 [1] $L'_{nw} = 55$ dB, naměřená hodnota je $L'_{nw} = 49$ dB \Rightarrow požadovaná hodnota je tedy prokazatelně dodržena. Z obr. 2 je patrné, že hlučnost, která je subjektivně slyšitelná v 1. NP, způsobená pohybem osob ve 2. NP se nachází v oblasti nízkých frekvencí (31,5 – 40) Hz, která je mimo rozsah hodnocení zvukoizolačních vlastností stavebních konstrukcí dle ČSN EN ISO 717 – 2/ZA1: 1998, 2007 [3]. Hodnota maximální hladiny akustického tlaku L_{pmax} pro třetinooktávové pásmo 40 Hz $L_{pmax} = 67,4$ dB viz. obr. 2, zjištěná při pohybu osob po stropní konstrukci s podlahou, leží nad hranicí prahu slyšení pro dané pásmo. Hranice prahu slyšení L_{PS} pro $f = 40$ Hz je 49dB.

Faktor přizpůsobení spektru daného příkladu pro frekvenční rozsah (100 – 3150) Hz je $C_I = -4$ dB. Pro rozšířený kmitočtový rozsah (50 – 2500) Hz je $C_{I,50-2500} = -3$ dB. Z toho vyplývá, že i po zohlednění faktoru přizpůsobení spektru do výsledné hodnoty L'_{nw} kročejová neprůzvučnost stále vyhovuje.

Danou problematiku je možné dále analyzovat prostřednictvím srovnání zpracovaného souboru spektrálních analýz hladin akustických tlaků vyvolaných “dupáním” osob a “klepáním” normalizovaným zdrojem kročejového zvuku především u nášlapných vrstev podlahy tvořených laminem.



Obr. 3 – “Klepání” normalizovaným zdrojem kročejového zvuku x “dupání” osob na laminu, hladina prahu slyšení

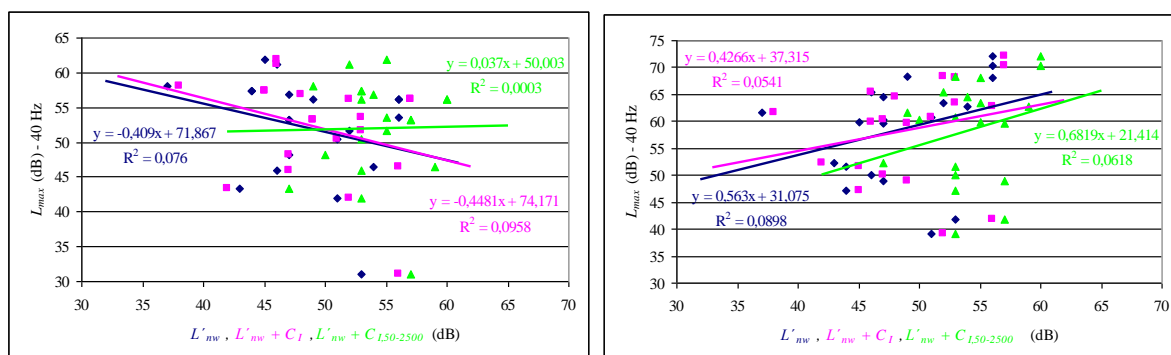
Fig. 3 – "Knocking" source normalized impact sound x "stomping" lamin persons, the hearing threshold level

Ve sledované nízkofrekvenční oblasti nedosahuje hladina akustického tlaku v přijímací místnosti buzená normalizovaným zdrojem kročejového zvuku stejné úrovně jako při buzení stropní konstrukce s podlahou “dupáním” osob. V oblasti středních kmitočtů je patrný značný útlum hladiny akustického tlaku vyvolané “dupáním” osob.

V případě vytvoření regresní analýzy souboru měření horizontálních dělicích konstrukcí tvořených nosnou hmotnou stropní konstrukcí a těžkou plovoucí podlahou s nášlapnou vrstvou tvořenou laminem zjišťujeme nevyhovující parametry normalizovaného zdroje kročejového zvuku v nízkofrekvenční oblasti.

Na obr. 4 jsou příklady regresních analýz mezi:

- “klepáním” normalizovaným zdrojem kročejového zvuku a změřenou hodnotou kročejové neprůzvučnosti $L'_{n,w}$, $L'_{n,w} + C_I$ a $L'_{n,w} + C_{I,150-2500}$ (levá část obrázku);
- “dupáním” osob a změřenou hodnotou kročejové neprůzvučnosti $L'_{n,w}$, $L'_{n,w} + C_I$ a $L'_{n,w} + C_{I,150-2500}$ (pravá část obrázku);



Obr. 4 - “Klepání” normalizovaným zdrojem kročejového zvuku a “dupání” osob – regresní analýza pro $f = 40$ Hz

Fig. 4 – "Knocking" source normalized impact sound and "stomping" people - regression analysis for $f = 40$ Hz

3 ZÁVĚR

Z hlediska hodnocení dle ČSN EN ISO 717-2/ZA1: 1998, 2007 [3] a požadavkům dle ČSN 73 0532: 2010 [1], měřená stropní konstrukce vyhoví. Konstrukce prokazatelně splní požadavky z hlediska kročejové neprůzvučnosti i v případě zohlednění faktoru přizpůsobení spektru C_l stanoveného dle [3] v rozšířeném frekvenčním rozsahu (50 - 2500) Hz částečně zohledňujícího nízkofrekvenční oblast, která je u stropní konstrukce s nášlapnou vrstvou podlahy tvořenou laminem stěžejní.

Prostřednictvím spektrální analýzy pohybu osob po stropní konstrukci s podlahou viz. obr. 2 však bylo zjištěno, že **dominantní složky zdroje hluku leží mimo oblast rozšířeného hodnocení kročejové neprůzvučnosti** horizontální dělicí konstrukce dle ČSN EN ISO 717-2/ZA1: 1998, 2007 [3].

Na měření spektrální analýzy pohybu osob po stropní konstrukci s podlahou a jeho vyhodnocení prováděné v souladu s měřením a vyhodnocením hluku v komunálním prostředí nelze vztáhnout požadavek stanovený Nařízením vlády č. 272/2011 Sb. “o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací“ [4]. **Hygienické limity hluku pro chráněný vnitřní prostor staveb se nevztahují na hluky z běžného užívání bytu.**

Z průběhu regresních analýz v levé části obr. 4 můžeme vidět nedostatečné buzení nízkých frekvencí normalizovaným zdrojem kročejového zvuku. Správnou orientaci vykazuje pouze lineární průběh závislosti hladiny akustického tlaku způsobeného “dupáním” a váženou normalizovanou hladinou kročejového zvuku v pravé části obr. 4. Se zhoršující se neprůzvučností se zvyšuje hluková zátěž způsobená “dupáním”.

Na základě výše uvedené analýzy není problematika nízkofrekvenčního hluku v případě horizontálních dělicích konstrukcí v ČR v rámci platné legislativy řešitelná. Jedná se tedy o “skrytou vadu” stropní konstrukce pro jejíž řešení (příp. odstranění) není dostatečná právní opora v platné legislativě.

Výše popsaná problematika týkající se nízkofrekvenčního hluku je však i v rámci návrhu z hlediska optimalizace skladby podlahy značně složitá a závislá na množství okrajových podmínek. Riziko vzniku výše popsaného problému lze částečně eliminovat návrhem vhodné skladby horizontální dělicí konstrukce na základě akustického posouzení.

4 LITERATURA

- [1] ČSN 73 0532 *Akustika. Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, Únor 2010. 24 stran.
- [2] ČSN EN ISO 140-7 *Akustika - Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 7: Měření kročejové neprůzvučnosti stropních konstrukcí v budovách*. Praha: Český normalizační institut, Únor 2000. 24 stran.
- [3] ČSN EN ISO 717 – 2, ZMĚNA A1: 3/2007 *Akustika - Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách - Část 2 : Kročejová neprůzvučnost*. Praha: Český normalizační institut, Červen 1998. 16 stran.
- [4] Sbírká zákonů ČR, předpis č. 272/2011 Sb. *Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací*. Říjen 2011. 14 stran.