

mag. Mihael Ramšak, univ. dipl. inž. grad.
mihael.ramsak@zag.si
Zavod za gradbeništvo Slovenije,
Dimičeva ulica 12, Ljubljana



Strokovni članek
UDK 534:628.517.2(078.7)

TRADICIONALNI KAZALCI ZVOČNE IZOLATIVNOSTI NE ODRAŽAJO V CELOTI ZVOČNOIZOLACIJSKE UČINKOVITOSTI PREGRAD

TRADITIONAL SOUND INSULATION DESCRIPTORS DO NOT FULLY REFLECT THE EFFICIENCY OF THE SOUND INSULATION PERFORMANCE OF BARRIERS

Povzetek

Tradicionalni način vrednotenja zvočne izolativnosti z enim številom sicer upošteva slabše zaznavanje zvoka nižjih frekvenc, ne upošteva pa spektra vira hrupa, pred katerim ga je treba izolirati. Zaradi tega so bile uvedene korekcije za spektralno prilagoditev, ki omogočajo oceniti, kakšna je dejanska zvočnoizolacijska učinkovitost pregrade za značilne vire hrupa. V prispevku je na konkretnih primerih predstavljena pomembnost vpliva frekvenčnega spektra zvočnih virov na velikost korekcij za spektralno prilagoditev ter s tem potreba, da se jih pri ocenjevanju zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrad upošteva.

Ključne besede: kazalniki zvočne izolativnosti, korekcije za spektralno prilagoditev, zvočnoizolacijska učinkovitost

Summary

The traditional way of evaluating sound insulation with a single number takes into account the poorer sound perception of lower frequencies, but does not take into account the spectrum of the noise source from which we want to insulate. For this reason, spectrum adaptation terms have been introduced, which make it possible to estimate the efficiency of the sound insulation performance of barriers for typical noise sources. The paper presents some typical examples that show the importance of the spectrum adaptation terms for the evaluation of the sound insulation performance of barriers, taking into account the noise sources spectra.

Key words: sound insulation descriptors, spectrum adaptation terms, sound insulation efficiency

1 UVOD

Zvočna izolativnost materialov in konstrukcij je pri različnih frekvencah zvoka lahko različna. Pomembno je namreč, kako so materiali in konstrukcije mehansko vzbujeni, kako se na vzbujanje pri različnih frekvencah odzivajo ter kako zaradi tega sevajo zvok.

Poleg omenjenih fizikalnih vplivov je pri vrednotenju zvočne izolativnosti treba tudi upoštevati, da je človeško zaznavanje zvoka različnih frekvenc različno, in sicer nižje frekvence zvoka človek zaznava veliko manj kot višje frekvence. Nižja je frekvenca zvoka, manjša je občutljivost človeškega ušesa za tak zvok.

Za lažje vrednotenje, ocenjevanje in medsebojno primerjavo zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrad je trenutno v uporabi standardni postopek izražanja z enim številom – kazalnikom zvočne izolativnosti ([SIST, 2021a], [SIST, 2021b]). Tradicionalni kazalniki zvočne izolativnosti ne vključujejo vpliva frekvenčnega spektra zvočnih virov na zvočnoizolacijsko učinkovitost pregrad, zato so bile kot dopolnitev vpeljane še korekcije za spektralno prilagoditev obstoječih kazalnikov zvočne izolativnosti ([SIST, 2021a], [SIST, 2021b]). Namen tega prispevka je na konkretnih primerih predstaviti vpliv frekvenčnega spektra zvočnih virov na velikost korekcij za spektralno prilagoditev ter s tem pokazati, kako pomembno jih je upoštevati pri ugotavljanju dejanske zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrad.

2 IZOLATIVNOST PRED ZVOKOM V ZRAKU

Za vrednotenje izolativnosti ločilnih konstrukcij v stavbi pred zvokom v zraku se pri nas večinoma uporablja ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku R_w , katere določitev temelji na vrednostih izolirnosti pred zvokom v zraku R , določenih v posameznih frekvenčnih pasovih ([RS MOP, 2012], [UL RS, 2012]). Vse nadaljnje razlage v prispevku pa se namesto na izolirnosti pred zvokom v zraku R seveda lahko nanašajo tudi na druge kazalnike, ki jih definira standard [SIST, 2021a], npr. na normirano razliko zvočnih ravni D_n , standardno razliko zvočnih ravni D_{nT} idr.

Izolirnost pred zvokom v zraku R je definirana z enačbo:

$$R = 10 \cdot \log \frac{P_{vpadla}}{P_{prepuščena}} \quad (\text{dB}), \quad (1)$$

kjer je:

- P_{vpadla} – na pregrado vpadla zvočna moč (W),
- $P_{prepuščena}$ – zvočna moč, prepuščena skozi pregrado (W).

Izolirnost pred zvokom v zraku iz enačbe (1) se lahko izrazi tudi z merljivimi vrednostmi ravni zvočnega tlaka [Hopkins, 2014]:

$$R = L_{vir} - L_{sprejem} + 10 \cdot \log \left(\frac{S}{A} \right) \quad (\text{dB}), \quad (2)$$

kjer je:

- L_{vir} – povprečna raven zvočnega tlaka v prostoru z zvočnim virom (z referenčno vrednostjo 20 μPa),
- $L_{sprejem}$ – povprečna raven zvočnega tlaka v sprejemnem prostoru (dB),
- S – površina ločilne konstrukcije (m^2),
- A – ekvivalentna absorpcijska površina sprejemnega prostora, s katero opredelimo vpliv prostornine in odmevnosti tega prostora (m^2).

Ekvivalentna absorpcijska površina A za odmevni prostor se določi z enačbo:

$$A = \frac{0,163 \cdot V}{T} \quad (\text{m}^2), \quad (3)$$

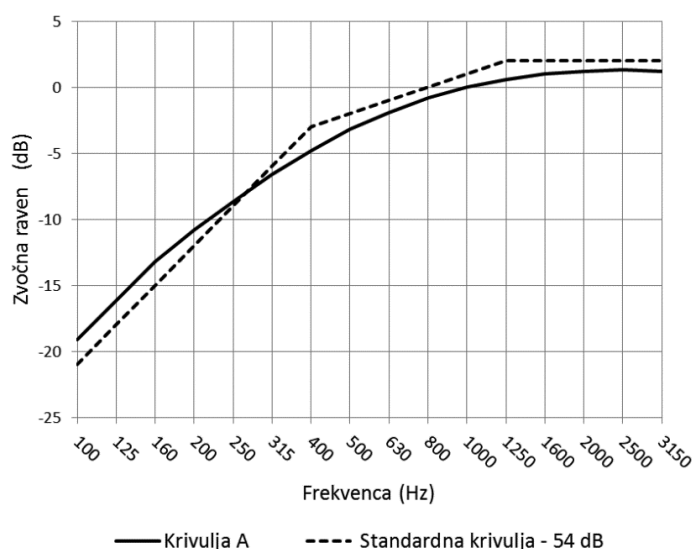
kjer je:

- V – prostornina varovanega prostora (m^3),
- T – odmevni čas v sprejemnem prostoru (s).

Odmevni čas v prostoru je po definiciji čas, ki je potreben, da raven zvočnega tlaka v prostoru po izključitvi zvočnika s šumom pade za 60 dB.

Zvočna izolirnost R je za različne frekvence zvoka lahko različna, kar pomeni, da jo je za ločilno pregrado treba poznati na celotnem merodajnem frekvenčnem območju. Izražanje zvočne izolirnosti po frekvenčnih pasovih pa je za opis zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrade nerodno, zato se po standardnem postopku iz vrednosti R za zvok v zraku izvede enoštevilska vrednost R_w , imenovana ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku ali tudi ovrednotena zvočna izolirnost. Enoštevilska vrednost R_w je ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku, določena z meritvami v laboratorijskih pogojih. Če se določa v terenskih razmerah, se označi kot R'_w , s črtico.

Mero za določanje vrednosti R_w predstavlja referenčna standardna krivulja [SIST, 2021a]. Vrednosti standardne krivulje so pri nižjih frekvencah znatno manjše od vrednosti pri visokih frekvencah, v frekvenčnem pasu s srednjo frekvenco 100 Hz so npr. za 23 dB nižje kot v frekvenčnih pasovih nad 1250 Hz. Razlog je, kot že omenjeno, v različnem zaznavanju ravni zvoka različnih frekvenc. V splošnem, kot že omenjeno, znatno manj zaznavamo nizke frekvence zvoka kot višje frekvence zvoka, zato je pri nižjih frekvencah potrebna manjša zvočna izolirnost kot pri višjih frekvencah. Oblika standardne krivulje v grobem sledi frekvenčnemu uteženju ravni zvoka po t. i. krivulji A, ki raven zvoka s frekvenčnim uteženjem prilagodi človekovemu dejanskemu zaznavanju ravni zvoka. V grafu na sliki 1 je predstavljena primerjava vrednosti korekcijske krivulje A ter vrednosti korekcij, ki ustrezajo frekvenčnemu uteženju zvočne izolirnosti s standardno krivuljo [Weber, 1999].



Slika 1. Primerjava frekvenčnega uteženja po korekcijski krivulji A in vzporedno premaknjene standardne krivulje.

Omenimo še, da je različna občutljivost za zvoke različnih frekvenc sicer odvisna tudi od jakosti zvoka, vendar za ravni zvoka v bivalnih prostorih, ki so v okviru sprejemljivih oziroma predpisanih vrednosti, v splošnem zadostuje uteženje ravni zvoka po korekcijski krivulji A.

Ovrednoteno izolirnost pred zvokom v zraku se iz celoštevilčnih vrednosti zvočne izolirnosti v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih določi tako, da se standardna krivulja premika vzporedno po korakih 1 dB toliko časa, da je vsota negativnih odstopanj krivulje zvočne izolirnosti od premaknjene standardne krivulje manjša ali enaka 32 dB. Negativna odstopanja so pri tem tista odstopanja, pri katerih je zvočna izolirnost v posameznem frekvenčnem pasu nižja od vrednosti premaknjene standardne krivulje v tem frekvenčnem pasu. Ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku R_w je vrednost premaknjene standardne krivulje pri 500 Hz.

3 KOREKCIJE ZA SPEKTRALNO PRILAGODITEV ZVOČNE IZOLIRNOSTI

Bistvena pomanjkljivost tradicionalnega načina določanja enoštevilične vrednosti zvočne izolacije z uteženjem s pomočjo standardne krivulje, ki je sicer v praktični uporabi že od šestdesetih let prejšnjega stoletja [Gösele, 1965], je v tem, da na tak način določena enoštevilična vrednost ne predstavlja razlike ravni zvoka na obeh straneh pregrade, ki jo dejansko zaznamo. Enoštevilična vrednost poleg vpliva lastnosti pregrade na aproksimativen način sicer vključuje tudi frekvenčno uteženje glede na zaznavanje visokih in nizkih frekvenc zvoka (standardna krivulja v grafu na sliki 1), ne vključuje pa vpliva spektra zvoka, ki ga emitira zvočni vir. Ali drugače povedano: dejanska zvočnoizolacijska učinkovitost pregrade z ovrednoteno zvočno izolirnostjo R_w je za različne zvočne vire lahko različna, kar pomeni, da s stališča subjektivnega dojemanja zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrade R_w ni najbolj primeren kazalnik za njeno celovito vrednotenje. Da bi pri ugotavljanju zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrade vključili tudi vpliv spektra zvočnega vira, se uvede način opisovanja z ovrednoteno zvočno izolirnostjo R_j , ki se za tip spektra j na glasni strani pregrade določi z enačbo [Weber, 1999]:

$$R_j = 10 \cdot \log \left(\frac{\sum_i L_{j,i} \cdot 10^{\frac{L_{j,i}}{10}}}{\sum_i 10^{\frac{(L_{j,i}-R_i)}{10}}} \right) = L_j - L_{j,tiha} \quad (\text{dB}), \quad (4)$$

kjer je:

- j – indeks, ki določa tip spektra zvoka na glasni strani,
- L_j – skupna raven zvoka za tip spektra j na glasni strani (dB),
- $L_{j,tiha}$ – skupna raven zvoka za tip spektra j na tihi strani (dB),
- $L_{j,i}$ – raven zvoka na glasni strani za tip spektra j, v frekvenčnem pasu i (dB),
- R_i – zvočna izolirnost v frekvenčnem pasu i (dB).

Ovrednotena enoštevilična vrednost zvočne izolirnosti R_j v enačbi (4) predstavlja razliko ravni zvoka na obeh straneh pregrade. Ker nas s stališča zaznavanja zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrade zanima predvsem, kakšna je razlika med zvokom, ki ga slišimo na eno strani pregrade, in zvokom, ki ga slišimo na drugi strani pregrade, utežimo ravni zvoka L_j in $L_{j,tiha}$ na obeh straneh pregrade po krivulji A. Iz enačbe (4) tudi vidimo, da za določanje R_j (oziroma $R_{A,j}$, če sta ravni zvoka na obeh straneh pregrade uteženi po krivulji A) ne potrebujemo več standardne krivulje.

Če spekter $L_{j,i}$ v enačbi (4) utežimo po krivulji A in normaliziramo, tako da je $10 \cdot \log(\sum_i 10^{\frac{L_{A,j,i}}{10}}) = 0$, dobimo:

$$R_{A,j} = -10 \cdot \log \left(\sum_i 10^{\frac{(L_{A,j,i}-R_i)}{10}} \right) \quad (\text{dB}), \quad (4a)$$

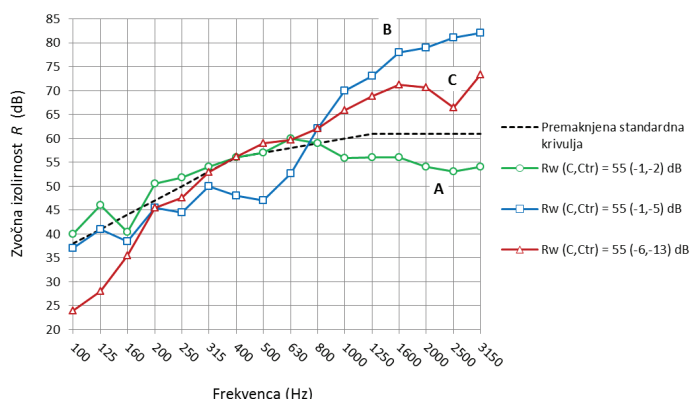
kjer je $L_{A,j,i}$ v enačbi (4a) v tem primeru po krivulji A uteženi normalizirani standardni spekter zvočnih ravni [SIST, 2021a]. Ta je za zdaj definiran le za dve skupini virov hrupa, in sicer za hrup prometa ter t. i. roza šum, ki naj bi v grobem predstavljal vse ostale vire hrupa, razen prometa [SIST, 2021a].

Povezava med obema ovrednotenima vrednostma izolirnosti pred zvokom v zraku $R_{A,j}$ in R_w je vzpostavljena preko korekcije za spektralno prilagoditev:

$$C_j = R_{A,j} - R_w \quad (\text{dB}). \quad (5)$$

Korekcija za spektralno prilagoditev C_j v enačbi (5) se za hrup prometa označi s C_{tr} , za ostale vire hrupa pa s C , brez indeksa.

V grafu na sliki 2 so predstavljene tri značilne krivulje zvočne izolirnosti, za katere je ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku R_w sicer enaka, razlikujejo pa se korekcije za spektralno prilagoditev.



Slika 2. Primerjava krivulj zvočne izolirnosti, pripadajočih vrednosti ovrednotene zvočne izolirnosti ter korekcij za spektralno prilagoditev.

Krivulja A v grafu na sliki 2 je značilna za masivno steno z majhnimi odprtini, skozi katere je možen neposreden prenos zvoka, krivulja B je značilna za masivno steno, obloženo z izolacijsko oblogo z resonanco na frekvenčnem območju okoli 500 Hz, krivulja C pa je značilna za lahko montažno steno med stanovanji s sestavo, ki ima resonance na spodnjem delu merodajnega frekvenčnega območja.

Opazimo lahko, da so vrednosti korekcij za spektralno prilagoditev odvisne od tega, na katerem delu frekvenčnega območja je glede na trend naraščanja zvočne izolirnosti s frekvenco prisoten padec zvočne izolirnosti. Absolutno sta najmanjši korekciji C in C_{tr} v primeru krivulje A, kjer je padec zvočne izolirnosti prisoten pri višjih frekvencah zvoka. V primeru krivulje B, kjer je padec zvočne izolirnosti prisoten na sredini merodajnega frekvenčnega območja, je večja negativna vrednost korekcije le v primeru C_{tr} . V primeru krivulje C, kjer pa je padec zvočne izolirnosti prisoten pri spodnjih frekvencah merodajnega fre-

kvenčnega območja, sta večji negativni vrednosti obeh korekcij, C in C_{tr} .

Največja je razlika vrednosti ($R_w + C_{tr}$) med krivuljama A in C, ki znaša (53-42) = 11 dB. Čeprav je torej ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku R_w krivulj A in C enaka (= 55 dB), znaša razlika med njima v zvočnoizolacijski učinkovitosti pred hrupom prometa 11 dB, kar je znatna razlika.

4 IZOLATIVNOST PRED UDARNIM ZVOKOM

Izolacijo prostora pod medetažno konstrukcijo pred udarnim zvokom opredelimo z ravno udarnega zvoka v tem prostoru, ki nastane pri vzburjanju medetažne konstrukcije nad tem prostorom s standardnim virom udarnega zvoka [SIST, 2021b]. Standardni vir udarnega zvoka je naprava, ki povzroča padanje standardno sestavljenih in oblikovanih cilindričnih kovinskih kladiv iz predpisane višine v predpisanem časovnem zaporedju na podno konstrukcijo (slika 3). Za ugotavljanje izolativnosti pred udarnim zvokom je bil standardni vir vpeljan predvsem zato, ker je z njegovo uporabo omogočena primerljivost ugotovljenih izolativnosti konstrukcij pred udarnim zvokom.



Slika 3. Standardni vir udarnega zvoka.

Iz izmerjenih ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v terenskih razmerah določimo v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih normirano raven zvočnega tlaka udarnega zvoka z enačbo:

$$L'_n = L'_u + 10 \cdot \log\left(\frac{A}{A_0}\right) \quad (\text{dB}), \quad (6)$$

kjer je:

- L'_u – izmerjena raven zvočnega tlaka udarnega zvoka v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih (dB),
- A – ekvivalentna absorpcijska površina prostora pod medetažno konstrukcijo,
- A_0 – referenčna vrednost ekvivalentne absorpcijske površine = 10 m².

Iz celoštevilčnih ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih se določi enoštevilično vrednost izolacije pred udarnim zvokom, imenovano ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$, ki predstavlja vrednost po standardnem postopku premaknjene standardne krivulje pri 500 Hz [SIST, 2021b]. Določi se tako, da se standardna krivulja premika vzporedno po korakih 1 dB toliko časa, da je vsota negativnih odstopanj krivulje normiranih ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka L'_n od premaknjene standardne krivulje manjša ali enaka 32 dB. Negativna odstopanja so v tem primeru tista odstopanja, pri katerih je v posameznem frekvenčnem pasu vrednost L'_n višja od vrednosti premaknjene standardne krivulje v tem frekvenčnem pasu.

Vrednost $L'_{n,w}$ je ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka, določena z meritvami v terenskih razmerah. V kolikor se določa v laboratorijskih pogojih, se označi kot $L'_{n,w}$ brez črtice.

5 KOREKCIJA ZA SPEKTRALNO PRILAGODITEV NORMIRANE RAVNI ZVOČNEGA TLAKA UDARNEGA ZVOKA

V praksi se je vrednotenje izolativnosti pred udarnim zvokom z ovrednoteno normirano ravno zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$ kot mero za oceno ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka zaradi hoje po konstrukciji izkazalo za dokaj primerno, niso pa pri tem dovolj upoštevane izstopajoče višje ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka pri nižjih frekvencah. Zaradi tega je bila v standardu [SIST, 2021b] vpeljana korekcija za spektralno prilagoditev C_l , katere namen je prilagoditi enoštevilično vrednost $L'_{n,w}$ na tak način, da bo v njej zajet tudi poudarjen vpliv višjih ravni udarnega zvoka pri nižjih frekvencah. Korekcija C_l je za terenske razmere definirana z naslednjo enačbo:

$$C_l = L'_{n,\text{sum}} - 15 - L'_{n,w} \quad (7)$$

$L'_{n,\text{sum}}$ je energijska vsota ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih na frekvenčnem območju med 100 Hz in 2,5 kHz:

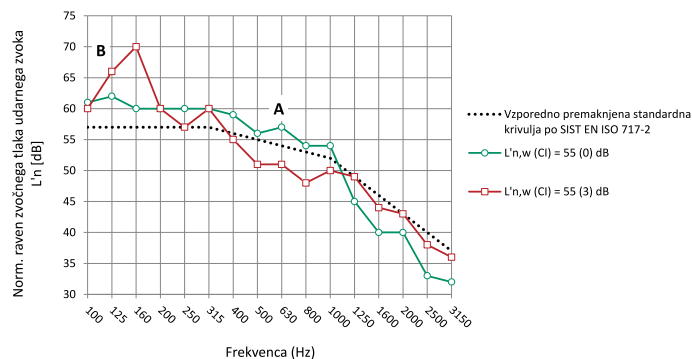
$$L'_{n,\text{sum}} = 10 \cdot \log\left(\sum_i 10^{0,1L'_{n,i}}\right) \quad (8)$$

$L'_{n,i}$ so ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih na tem frekvenčnem območju.

V spektralno korigirani enoštevilični vrednosti ($L'_{n,w} + C_l$) je torej upoštevano, da je udarni zvok posledica vzburjanja konstrukcije s hojo po njej.

V grafu na sliki 4 sta predstavljeni normirani ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v terčnih frekvenčnih pasovih za dva primera konstrukcij z enako vrednostjo $L'_{n,w}$ in različnima vrednostma korekcije za spektralno prilagoditev C_l . Opazimo lahko, da znaša $C_l = 0$ dB v primeru, ko krivulja vrednosti L'_n

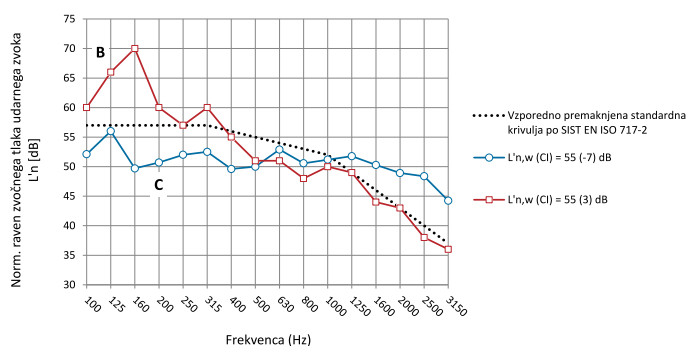
bolj ali manj sledi poteku referenčne krivulje, brez izrazitih odstopanj od nje (krivulja A), v primeru pa, ko je v spodnjem delu frekvenčnega območja bolj izrazito odstopanje vrednosti $L'_{n,w}$ od standardne krivulje, vrednost korekcije za spektralno prilagoditev v konkretnem primeru naraste na $C_1 = 3$ dB (krivulja B).



Slika 4. Primerjava krivulj normiranih ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka, pripadajočih vrednosti ovrednotene normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka ter korekcij za spektralno prilagoditev.

Frekvenčna odvisnost ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v primeru krivulje B v grafu na sliki 4 je značilna za solidno izveden plavajoči cementni estrih na armiranobetonski nosilni plošči, brez togih povezav cementnega estriha z ostalo konstrukcijo (zvočnih mostov). Zaradi »pretogega« elastičnega sloja pod cementnim estrihom se resonančna frekvenca nihajnega sistema »cementni estrih (masa) - elastični sloj pod estrihom (vzmet) - armiranobetonska plošča (masa)« v konkretnem primeru nahaja v frekvenčnem pasu s srednjo frekvenco 160 Hz, torej v merodajnem frekvenčnem območju. Pri resonančni frekvenci in na frekvenčnem območju okoli nje je zaradi tega normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$ največja, kar pomeni, da je izolativnost konstrukcije pred udarnim zvokom najmanjša. Na višino premaknjene standardne krivulje, določene na podlagi meritev s standardnim virom udarnega zvoka, vplivajo v tem primeru višje vrednosti normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka pri nižjih frekvencah. Ker je vzbujanje konstrukcije s hojo največje ravno pri nižjih frekvencah zvoka, to bistveno vpliva na zvočnoizolacijsko učinkovitost konstrukcije pri vzbujanju s hojo. Vrednost $L'_{n,w}$ določena na podlagi meritev s standardnim virom udarnega zvoka, v tem primeru ne odraža v celoti izolacijske sposobnosti konstrukcije pred hrupom zaradi hoje po njej, zato je potrebna spektralna korekcija. Spektralno prilagojena ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka ($L'_{n,w} + C_1$) je v konkretnem primeru za 3 dB večja od $L'_{n,w}$, kar pomeni, da je dejanska zvočno izolacijska učinkovitost konstrukcije pred udarnim zvokom zaradi hoje za 3 dB manjša, kot jo pokaže meritev s standardnim virom udarnega zvoka.

Ravno obratno kot v opisanem primeru velja za frekvenčno odvisnost ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v prime-



Slika 5. Primerjava krivulj normiranih ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka s slabšo izolativnostjo pri nizkih frekvencah ter s slabšo izolativnostjo pri visokih frekvencah, pripadajočih vrednosti ovrednotene normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka ter korekcij za spektralno prilagoditev.

ru krivulje C v grafu na sliki 5, ki je značilna za plavajoči cementni estrih na armiranobetonski nosilni plošči, kjer obstajajo togi stiki med plavajočim estrihom in masivnimi stenami.

Na višino premaknjene standardne krivulje v tem primeru vplivajo višje vrednosti normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka pri višjih frekvencah, ki so posledica omejenega togega stika plavajočega cementnega estriha z masivnimi stenami stavbe. Ker pa hoja po takšni konstrukciji močnejše vzbuja konstrukcijo pri nižjih frekvencah zvoka, slabša zvočna izolativnost konstrukcije pri višjih frekvencah v tem primeru ne vpliva bistveno na njeno zvočnoizolacijsko učinkovitost pri vzbujanju konstrukcije s hojo. Podobno kot v prejšnjem primeru je zato potrebna spektralna korekcija [SIST, 2021b]. Tako spektralno prilagojena ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka ($L'_{n,w} + C_1$) je v konkretnem primeru za 7 dB manjša od $L'_{n,w}$, kar z drugimi besedami pomeni, da je zvočno izolacijska učinkovitost konstrukcije pred udarnim zvokom zaradi hoje za 7 dB večja, kot jo pokaže meritev s standardnim virom udarnega zvoka.

V obeh navedenih primerih je torej vrednost $L'_{n,w}$ sicer enaka, se pa zvočnoizolacijski učinkovitosti pri vzbujanju obeh konstrukcij s hojo razlikujeta za $(58-48) = 10$ dB, kar je seveda znatna razlika.

6 SKLEP

Vpliv frekvenčnega spektra zvočnih virov na velikost potrebnih korekcij za spektralno prilagoditev ter s tem na dejansko zvočnoizolacijsko učinkovitost pregrad je lahko znaten, kar pomeni, da jih je za celovito oceno dejanske zvočnoizolacijske učinkovitosti pregrad treba upoštevati. Zahteve obstoječih predpisov glede minimalne potrebne vrednosti kazalnikov zvočne izolativnosti v stavbah ([RS MOP, 2012], [UL RS, 2012]) sicer vključujejo korekcije za spektralno prilagoditev C_{tr} v primeru zvočne izolativnosti fasad, medtem ko pri zahtevah za zvočno izolativnost notranjih ločilnih konstrukcij korekcije za zdaj niso vključene.

O možni vpeljavi korekcij tudi v teh primerih bi veljalo razmisliti ob naslednjih spremembah in dopolnitvah Tehnične smernice.

Omeniti je tudi treba, da obstoječi kazalniki zvočne izolativnosti upoštevajo le zvok na frekvenčnem območju 100 Hz–3,15 kHz. Zaradi vse bolj razširjene uporabe lahkih konstrukcij, kjer se lahko za problematično izkaže tudi zvočna izolativnost na frekvenčnem območju pod 100 Hz, pa se kaže tudi vedno večja potreba po uvedbi spektralno prilagojenih kazalnikov zvočne izolativnosti na razširjenem frekvenčnem območju med 50 Hz in 5 kHz, kar pa je glede na težave z merilno negotovostjo meritev zvoka na območju nižjih frekvenc pod 100 Hz ter s tem povezanega vrednotenja in ocenjevanja zvočne izolativnosti pri nižjih frekvencah še vedno predmet strokovnih razprav in raziskav ([Rasmussen, 2019], [Scholl, 2011]).

7 VIRI

Gösele, K., Zur bewertung der Schalldämmung von Bauteilen nach Sollkurven, *Acta Acustica united with Acustica*, 15, 264-270, 1965.

Hopkins, C., *Sound Insulation*, 2nd ed., Routledge, London, New York, 2014.

Rasmussen, B., Machimbarrena, M., Developing of international acoustic classification scheme for dwellings - From chaos & challenges to compromises & consensus?, Zbornik 48. mednarodne konference *Internoise 2019: Noise control for a better environment*, Madrid, Junij 16-19, 2019.

RS MOP, Tehnična smernica TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah, Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, št. 35101-453/2011, 2012.

Scholl, W., Lang, J., Wittstock, V., Rating of sound insulation at present and in future. The revision of ISO 717, *Acta Acustica united with Acustica*, 97, 686-698, 2011.

SIST, SIST EN ISO 717-1 Akustika - vrednotenje zvočne izolirnosti v stavbah in zvočne izolirnosti gradbenih elementov - 1. del: Izolirnost pred zvokom v zraku, 2021a.

SIST, SIST EN ISO 717-2 Akustika - vrednotenje zvočne izolirnosti v stavbah in zvočne izolirnosti gradbenih elementov - 2. del: Izolirnost pred udarnim zvokom, 2021b.

UL RS, Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah, Uradni list RS št.10/12, Uradni list Republike Slovenije, 816-818, 2012.

Weber, L., Koch S., Anwendung von Spektrum-Anpassungswerten, Teil 1: Luftschalldämmung, *Bauphysiku*, 21, Heft 4, 167-170, 1999.