

ELABORAT ZAŠČITE PRED HRUPOM V STAVBAH

Dokazovanje izpolnjevanja bistvenih zahtev zaščite pred hrupom

naziv stavbe:	PRIZIDEK K OŠ PRESKA
lokacija stavbe:	Parc. Št.: 178/1, 178/3, 181/1; k.o. 1976 Preska
investitor:	Občina Medvode Cesta komandanta Staneta 12, 1215 Medvode
naročnik:	Obrat d.o.o. Janežičeva 3, 1000 Ljubljana
odgovorni vodja projekta:	Blaž Babnik Romaniuk mag. inž. arh. ZAPS A-1591
vrsta projektne dokumentacije:	PZI
izdelovalec elaborata:	Nika Šubic, mag. inž. grad.
Številka elaborata:	NZ-019-06/20
izvod:	<i>Elektronski izvod</i>
datum izdelave elaborata:	19. junij 2020

Kazalo

1. Osnovni podatki.....	2
2. Tehnični in zakonski normativi.....	2
3. Zunanji hrup	3
3.1. Mejne ravni zunanjega hrupa	3
3.2. Mejne ravni notranjega hrupa	3
3.3. Zaščita stavbe pred zunanjim hrupom.....	4
4. Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku	6
4.1. Stena med učilnicama	6
4.2. Vrata med učilnico in hodnikom	8
5. Izolacija konstrukcije pred udarnim hrupom	8
6. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme	9
7. Obvladovanje odmevnega hrupa	9
7.1. Izračun odmevnega časa – učilnica 02	9
8. Izkaz o zaščiti pred hrupom	10
9. Literatura	11

1. Osnovni podatki

Iz podjetja Obrat d.o.o. so posredovali načrte in druge informacije o objektu, kar je bila osnova za izdelavo elaborata, ki ga zahteva Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah.

Ta zahteva navedbo sledečih podatkov v elaboratu:

- CC-SI klasifikacija: 12630 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo
- Metodologija elaborata: izdelan skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012

Predmet elaborata je prizidek za 2 matični učilnici 1. triade s povezovalnim hodnikom, vezanim na vhodni trakt OŠ Preska in prostorom pred učilnicami za garderobe in kot razširjeni prostor učilnic. Velikost prizidka je 186,2 m² neto tlorisne površine, izvedene v pritlični etaži. Predvidena je gradnja iz modularnih enot (zabojnikov) zaradi možnosti kasnejše premestitve objekta k drugi šoli.

2. Tehnični in zakonski normativi

Elaborat smiselno upošteva sledeče tehnične normative:

- SIST EN 12354-1:2017, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 1. del: Izolirnost pred zvokom v zraku med prostori,
- SIST EN 12354-2:2017, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 2. del: Izolirnost pred udarnim zvokom med prostori,
- SIST EN 12354-3:2017, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 3. del: Izolirnost pred zvokom v zraku iz zunanosti,
- SIST EN 12354-6:2004, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 6. del: Absorpcija zvoka v zaprtih prostorih,
- DIN 4109:1989, Sound insulation in buildings; requirements and testing
- Tehnična smernica TSG-1-005:2012, Zaščita pred hrupom v stavbah.

Elaborat smiselno upošteva sledeče zakonske normative:

- Gradbeni zakon (Uradni list RS, št. 61/17 in 72/17 – popr.)
- Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 43/18 in 59/19),
- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni list RS, št. 17/06, 18/06 – popr. in 43/11 – ZVZD-1),
- Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12 in 61/17 – GZ).

3. Zunanji hrup

3.1. Mejne ravni zunanjega hrupa

Objekt je umeščen v področje za katerega ni meritev o obremenjenosti s hrupom in ni računskih ocen o obremenjenosti s hrupom. Posledično za potrebe izračunov upoštevamo splošne okoljske mejne ravni hrupa, kot jih podaja preglednica 1 priloge 1 Uredbe o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Tabela 1)

Tabela 1: Mejne vrednosti kazalcev hrupa $L_{noč}$ in L_{dan} za posamezna območja varstva š pred hrupom.

Območje varstva pred hrupom	$L_{noč}$ [dB(A)]	L_{dan} [dB(A)]
IV. območje	65	75
III. območje	50	60
II. območje	45	55
I. območje	40	50

Delovne aktivnosti v objektu so vezane na dan, so v Tabeli 1 relevantne vrednosti L_{dan} . Ker obravnavani objekt spada v III. varstveno območje, privzamemo raven zunanjega hrupa $L_{dan} = 60$ dB(A).

3.2. Mejne ravni notranjega hrupa

Mejne vrednosti ekvivalentne ravni notranjega hrupa L_{Aeq} so določene glede na namembnost prostora in del dneva v Tehnični smernici TSG-1-005:2012, Zaščita pred hrupom v stavbah in so zapisane v Tabeli 2.

Tabela 2: Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} glede na namembnost prostora.

Namembnost prostora	Mjerne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} dB(A)		
	dan	večer	noč
Prostori v stanovanjih	35	33	30
Prenočitvene enote v stavbah za nastanitev (hotelih, motelih, penzionih ipd.) ter sobe v stanovanjskih stavbah za posebne namene (domovi za starejše, dijaški domovi, internati ipd.)	35	33	30
Bolniške sobe	30	30	30
Ambulante, ordinacije, operacijski prostori	35	35	35
Učilnice, predavalnice, delovni in študijski kabineti, knjižnice, čitalnice ipd.	35	35	35

Namembnost prostorov obravnavanega objekta sodi med učilnice, zato kot mejno vrednost notranjega hrupa izberemo $L_{Aeq,dan} = 35 \text{ dB(A)}$.

3.3. Zaščita stavbe pred zunanjim hrupom

V nadaljevanju računsko preverimo ustrezno zvočno zaščito stavbe pred vdorom zunanjega hrupa. Pri ovrednotenju izolirnosti ločilnih elementov upoštevamo prometni spektralni popravek C_{tr} . Izračun naredimo za eno izmed učilnic in sicer za **učilnico 01**.

Za vsak tip konstrukcije najprej ločeno izračunamo pripadajočo zvočno izolirnost, nato pa izračunamo skupno zvočno izolirnost ločilne konstrukcije. Na podlagi podatkov o zunanjem hrupu in največjem dovoljenem notranjem hrupu, ter ob poznavanju velikosti ločilne konstrukcije in volumna prostora izračunamo najmanjšo zahtevano zvočno izolirnost fasade.

Zasteklitev

Točen tip zasteklitve še ni določen zato predpostavimo zasteklitev s sestavo 4-(6-16)-4 iz standarda ISO 12354-3 z zvočno izolirnostjo $R_w (C, C_{tr}) = 29 (-1, -4)$. Skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012 odštejemo 2 dB od laboratorijsko določene vrednosti. Zaradi stranskega prenosa odštejemo 2 dB, kot je navedeno v standardu ISO 12354-3 in na koncu še upoštevamo spektralni popravek $C_{tr} = -4 \text{ dB}$. Tako upoštevamo izolirnost zasteklitve **21 dB**.

Fasada

Po projektu je predvidena fasada po sistemu Trimoterm proizvajalca Trimo d.o.o. Podatke o zvočni izolirnosti pridobimo iz literature proizvajalca [1] in sicer $R_w (C, C_{tr}) = 30 (-1, -3)$.

Skladno s standardom ISO 12354-3 odštejemo spektralni popravek za hrup prometa ($C_{tr} = -3$) ter zaradi stranskega prenosa dobljeno vrednost zmanjšamo še za 2 dB. Tako upoštevamo izolirnost fasade:

$$30 \text{ dB} - 3 \text{ dB} - 2 \text{ dB} = 25 \text{ dB}.$$

Skupna izolirnost ločilne konstrukcije

Skupno izolirnost ločilne konstrukcije izračunamo s pomočjo zvočne prevodnosti posameznega dela (enačba (15) standarda ISO 12354-3)

$$\tau_{e,i} = \frac{S_i}{S} 10^{-R_i/10}$$

kjer je S površina celotne ločilne konstrukcije, R_i izolirnost i-tega dela, S_i pa i-temu delu pripadajoča površina.

Površine znašajo $9,3 \text{ m}^2$ za zastekljene dele in $15,4 \text{ m}^2$ za fasado, skupaj pa $24,6 \text{ m}^2$.

Skupna izolirnost ločilne konstrukcije je določena z vsoto zvočnih prevodnosti (enačba (10) standarda ISO 12354-3)

$$R' = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \tau_{e,i} + \sum_{f=1}^m \tau_f \right) \text{ dB}$$

kjer je n število delov, ki je v našem primeru 2, členi τ_f pa niso prisotni, ker smo ustrezne popravke stranskega prenosa že upoštevali.

Skupna izolirnost zunanje konstrukcije izračunana po zgornjih enačbah znaša

$$R'_w = 23 \text{ dB.}$$

Zahtevana izolirnost ločilne konstrukcije

Skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012 (15. stran - člen (4) poglavja 2.1) izračunamo zahtevano izolirnost ločilne s spodnjo enačbo

Raven hrupa v prostoru izračunamo po enačbi (str. 15, TSG-1-005:2012)

$$R'_{w,min} = L_{zunaj} - L_{notri,max} + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) - \Delta L_{fs} = 21 \text{ dB}$$

kjer je $L_{zunaj} = 60 \text{ dB}$, $L_{notri,max} = 35 \text{ dB}$, $S = 24,6 \text{ m}^2$, L_{fs} pa popravek zaradi oblike fasade, katerega v našem primeru ni. $A = 56 \text{ m}^2$ in je ekvivalentna absorpcijska površina, ki je odvisna od volumna prostora (ta znaša $173,3 \text{ m}^3$) in se izračuna po enačbi iz tehnične smernice (str. 15).

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
23 dB (A)	\geq	21 dB (A)
Sestava zunanje ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane ravni hrupa znotraj objekta, mora vgrajen fasadni sistem vključno z zasteklitvami dosegati zvočno izolirnost vsaj 23 dB.

4. Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku

TSG-1-005:2012 navaja zahteve za zvočno izolirnost notranjih ločilnih elementov ob upoštevanju namembnosti prostorov. V tem razdelku preverimo ustrežanje vsem zahtevam, ki se nanašajo na obravnavani objekt.

4.1. Stena med učilnicama

Preglednica 9 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

9.1	Stena med učilnicama, stena med učilnico in kabinetom, stena med učilnico in prostorom za druge namene	$R'_w \geq 52 \text{ dB}$
9.7	Stena med učilnico ali kabinetom in hodnikom, v katero so vgrajena vrata	$R'_w \geq 47 \text{ dB}$

Preverimo ločilno konstrukcijo, za katero je podana najvišja zahteva torej med učilnicama 1 in 2.

Med učilnicama je po projektu predvidena sledeča sestava ločilne konstrukcije:

- 1,25 cm / MK obloga
- 12 cm / panelne fasadne plošče s kameno volno (npr. TRIMOTERM FTV)
- 7 cm / zračni prostor
- 12 cm / panelne fasadne plošče s kameno volno (npr. TRIMOTERM FTV)
- 1,25 cm / MK obloga

Zaradi modularnega načina gradnje, so vse predelne stene na objektu dvojne, saj je vsak izmed prostorov ločena modularna enota - zabojnik. Vsak zabojnik ima svojo streho in svoja tla in so med seboj vijačeni in sidrani v temelje le na vogalih. Stiki na strehi pa so prekriti in zatesnjeni proti vlagi.

Zvočna izolirnost

Za obravnavane dvojne lahke stene ni podatkov meritev, zato v literaturi poiščemo primerljivo konstrukcijo [2] z zvočno izolativnostjo $R_w = 66 \text{ dB}$ (Prod. Nr. 138).

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcijskih elementov (Tabela 3) in izračunamo zvočno izolirnost stranskih konstrukcij (Tabela 4) po računskem postopku opisanem v točki 4.4.1 standarda ISO 12354-1. Za določitev faktorjev dušenja vibracij uporabimo izračune po dodatku E istega standarda.

Ker med modularnimi enotami ni togega stika, upoštevamo le podatke za oddajni prostor.

Tabela 3: Lastnosti ločilnega konstrukcijskega elementa in stranskih konstrukcijskih elementov.

element			m_i	$R_{w,i}$	$\Delta R_{w,i}$
pozicija	naziv	oznaka	[kg/m ²]	[dB]	[dB]
mejni el.	stena	(Dd)	64	66	0
oddajni prostor	stena 1	(1)	64	66	0
	stena 2	(2)	20	30	0
	tla	(3)	52	47	0
	strop	(4)	27	30	0
sprejemni prostor	stena 1'	(1')	0	0	0
	stena 2'	(2')	0	0	0
	tla'	(3')	0	0	0
	strop'	(4')	0	0	0

Tabela 4: Zvočne izolirnosti mejne in stranskih konstrukcij.

Pot prehoda	Oznaka	$R_{Ff,w}$
D → d	$R_{Dd,w}$	66
1 → 1'	$R_{11',w}$	0
2 → 2'	$R_{22',w}$	0
3 → 3'	$R_{33',w}$	0
4 → 4'	$R_{44',w}$	0
D → 1'	$R_{D1',w}$	0
D → 2'	$R_{D2',w}$	0
D → 3'	$R_{D3',w}$	0
D → 4'	$R_{D4',w}$	0
1 → d	$R_{1d,w}$	86
2 → d	$R_{2d,w}$	70
3 → d	$R_{3d,w}$	73
4 → d	$R_{4d,w}$	65

Ob tem velja, da je m_i masa i-tega elementa, $R_{w,i}$ zvočna izolirnost i-te stranske konstrukcije ali mejnega elementa in $\Delta R_{w,i}$ dodatno izboljšanje izolirnosti i-te stranske konstrukcije ali mejnega elementa zaradi dodatnega sloja.

Za izračun izolirnosti ločilne konstrukcije ob upoštevanju stranskega prenosa uporabimo enačbo (26) standarda ISO 12354-1:

$$R'_w = -10 \log \left(10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right) \text{ dB}$$

$$= \mathbf{61 \text{ dB}}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
61 dB (A)	≥	52 dB (A)
Sestava ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti ločilne konstrukcije mora biti zagotovljeno, da med konstrukcijami modularnih enot ni togega stika.

4.2. Vrata med učilnico in hodnikom

V preglednici 4 tehnične smernice TSG-1-005:2012 je podana zahteva za zvočno izolirnost vhodnih vrat, ki se pojavljajo na objektu:

9.5 Vrata med učilnico ali kabinetom in hodnikom

$R'_w \geq 27$ dB

Pri tem tehnična smernica (TSG-1-005:2012) predpisuje, da: »mora biti zvočna izolirnost, izmerjena v laboratoriju (R_w), vrat kot notranjega ločilnega elementa, najmanj za 5 dB večja od vrednost, ki jo morajo imeti vrata, vgrajena v stavbo (R'_w).«

Torej, za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti, morajo vsa vhodna vrata, ki vodijo iz skupnega hodnika v učilnice dosegati zvočno izolirnost vsaj $R_w = 32$ dB. Pri tem je pomembno zagotoviti dobro tesnjenje vratnega krila z okvirjem in tako preprečiti uhajanje zvoka skozi zračne reže.

5. Izolacija konstrukcije pred udarnim hrupom

Ker je objekt pritličen, poleg tega pa je vsaka izmed učilnic ter hodnik ločena modularna enota ne pričakujemo prenosa udarnega hrupa med prostori. Kljub temu predlagamo izvedbo plavajočega poda zaradi boljše kvalitete bivanja znotraj posameznih prostorov.

6. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme

Za objekte obravnavane namembnosti tehnična smernica TSG-1-005:2012 določa mejno raven hrupa, ki ga povzroča obratovalna oprema pri 40 dB(A). Za doseganje mejnih vrednosti je potrebna ustrezna izvedba strojnih inštalacij na objektu. Pri izvedbi vodovodnih inštalacij in kanalizacijskih odvodov je potrebno vgraditi ustrezne iztočne pipe, kolena in zagotoviti mehko pritrditev inštalacijskih cevi. Pri izvedbi inštalacijskih prebojev je smiselno zagotoviti, da se zvok ne prenaša po zraku v prostore, ki so občutljivi na hrup.

7. Obvladovanje odmevnega hrupa

Kot je zapisano TSG-1-005:2012, "znižanje posredne (odmevne) komponente hrupa poveča udobje, razumljivost govora in tudi možnost ocene smeri, iz katere hrup prihaja, kar večkrat predstavlja pomemben dejavnik za ugodno akustično razporeditev v prostoru."

Tako naredimo skladno standardom ISO 12354-6 izračun odmevnega časa za eno izmed učilnic.

7.1. Izračun odmevnega časa – učilnica 02

Tehnična smernica določa optimalno vrednost odmevnega časa v polno zasedenih učilnicah z enačbo:

$$T_{opt} = 0,32 * \log V - 0,17,$$

torej je ob upoštevanju volumna učilnice ($V = 171,6 \text{ m}^3$) optimalen odmevni čas $T_{opt} = 0,54 \text{ s}$.

Koeficienti absorpcije α materialov, ki jih uporabimo v izračunu, so navedene v tabeli Tabela 5 skupaj s kvadraturami.

Tabela 5: Koeficienti absorpcije za mejne površine v prostoru [3].

material	S [m ²]	Koeficient absorpcije α po oktavnih pasovih v Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
tla - linolej	60,2	0,02	0,04	0,05	0,05	0,1	0,05
strop, Armstrong Ultima+	60,2	0,4	0,5	0,65	0,85	0,95	1
stene, mavčna obloga	65,0	0,29	0,1	0,05	0,04	0,07	0,09
Okna in vrata	22,0	0,35	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04

Odmevni čas prostora določimo po enačbi (5) standarda ISO 12354-6:

$$T = \frac{55.3 V (1 - \psi)}{c_0 A}$$

Kjer ψ predstavlja volumski delež elementov v prostoru in je ocenjen na 0.02, $C_0 = 345,6$ m/s je hitrost širjenja zvoka, $V = 171,6$ m³ je volumen prostora, A pa skupna ekvivalentna absorpcija prostora izračunana po enačbi (1) standarda ISO 12354-6. Ta upošteva tudi atenuacijo v zraku za primer 50 % vlažnosti in 20 °C.

Vrednosti odmevnega časa so zapisane v tabeli 6.

Tabela 6: Izračunane vrednosti odmevnega časa.

Odmevni čas v sekundah	Oktavni pas v Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
	0,53	0,61	0,55	0,46	0,39	0,32

Upoštevajoč namembnost prostora, T_{opt} in tolerančno polje (Diagram 2, TSG-1-005:2012) je odmevni čas prostora zadovoljiv.

8. Izkaz o zaščiti pred hrupom

Izkaz o zaščiti pred hrupom je priložen ob koncu poročila.

9. Literatura

- [1] Trimo tehnični podatki. <https://www.trimo-group.com/si/literatura/prospekti>
- [2] SIAD 0189. Bauteildokumentation Schallschutz im Hochbau. 2005.
- [3] Cox, T. J., D'Antonio, P. 2009. Acoustic absorbers and diffusers: theory, design, and application. 2nd edition. Oxon. Taylor & Francis: str. 440-444