

ELABORAT

ZAŠČITE PRED HRUPOM V STAVBAH

Dokazovanje izpolnjevanja bistvenih zahtev zaščite pred hrupom

naziv stavbe:	Obnova kopališča Domžale VHODNI IN SERVISNI OBJEKT
lokacija stavbe:	Kopališka cesta 4, 1230 Domžale
investitor:	Občina Domžale Ljubljanska 69, 1230 Domžale
naročnik:	Ravnikar Potokar arhitekturni biro d.o.o. Gregorčičeva ulica 8, 1000 Ljubljana
odgovorni vodja projekta:	Robert Potokar univ. dipl. inž. arh. ZAPS A-0735
vrsta projektne dokumentacije:	PZI
izdelovalec elaborata:	Nika Šubic, mag. inž. grad.
Številka elaborata:	NZ-010-03/19
izvod:	1 2 3 4
datum izdelave elaborata:	29. marec 2019

Kazalo

1.	Osnovni podatki.....	2
2.	Tehnični normativi	2
3.	Zakonski normativi	2
4.	Zunanji hrup.....	3
4.1.	Mejne ravni zunanjega hrupa	3
4.2.	Mejne ravni notranjega hrupa	3
4.3.	Zaščita stavbe pred zunanjim hrupom.....	4
5.	Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku	6
5.1.	Stena med prostorom PR-10: servisni prostor in PR-11c: kuhinja in skladišče.....	6
6.	Izolacija pred hrupom obratovalne opreme.....	8
7.	Obvladovanje odmevnega hrupa.....	8
7.1.	Izračun odmevnega časa – PR-11: okrepčevalnica	8
8.	Izkaz o zaščiti pred hrupom	9
9.	Literatura.....	10

1. Osnovni podatki

Iz podjetja Ravnikar Potokar arhitekturni biro 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: 12650 – Stavbe za šport
12112 – Gostilne, restavracije in točilnice
- Metodologija elaborata: izdelan skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012

2. Tehnični normativi

Elaborat smiselno upošteva sledeče tehnične normative:

- SIST EN 12354-1:2001, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 1. del: Izolirnost pred zvokom v zraku med prostori,
- SIST EN 12354-2:2001, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 2. del: Izolirnost pred udarnim zvokom med prostori,
- SIST EN 12354-3:2001, 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.

3. Zakonski normativi

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. 105/2005, 34/2008, 109/2009, 62/2010),
- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni list RS, št. 17/2006),
- Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12 in 61/17 – GZ).

4. Zunanji hrup

4.1. 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 II. varstveno območje, privzamemo raven zunanjega hrupa $L_{dan} = 55$ dB(A).

4.2. Mejne ravni notranjega hrupa

Ravni notranjega hrupa v objektu ne smejo presegati vrednosti, ki jih določa *Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu*. Iz tega je vzeta Tabela 2 iz katere razberemo kot dopustno raven hrupa vrednost **55 dB(A)**, saj se v delu objekta izvajajo zdravniški pregledi in poseg, ki sodijo med pretežno mentalno delo. Pri tem upoštevamo vrednost iz stolpca b), saj ne pričakujemo hrupa proizvodnih virov.

Tabela 2: Dopustne ekvivalentne ravni hrupa za nemoteno delo pri posameznih vrstah dejavnosti (vir: Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu.)

Vrsta delovnih opravil		Dopustna ekvivalentna raven hrupa na delovnem mestu v dB(A)	
		a	b
1	Najzahtevnejše mentalno delo	45	40
2	Pretežno mentalno delo, pri katerem je potrebna velika koncentracija in/ali ustvarjalno mišljenje ali so potrebne daljnosežne odločitve, sejne dvorane, pouk v šolah, zdravniški pregledi in posegi, znanstveno delo, raziskave, razvoj programov, zahtevnejša pisarniška dela, telefonske centrale	55	45
3	Enostavna pisarniška in njim primerljiva dela, prodaja, zahtevna montaža in njej primerljiva pretežno fizična dela, zahtevno krmiljenje sistemov	65	55
4	Manj zahtevno krmiljenje sistemov, manj zahtevna fizična dela, ki zahtevajo zbranost in pazljivost in njim podobna dela	70	60
5	Pretežno rutinska fizična dela, ki zahtevajo slušno spremljanje okolja	80	75
6	Noseče ženske	80	55

a – velja za splošni hrup na delovnem mestu zaradi drugih proizvodnih virov v okolici delovnega mesta;
b – velja za hrup na delovnem mestu zaradi neproizvodnih virov (ventilacija, klimatizacija, sosednji obrati, hrup prometa ipd.);

4.3. 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 **prostor PR-5: 1. pomoč**, saj je to eden izmed prostorov z največjim deležem zasteklitev, skozi katero pričakujemo največje prehajanje hrupa v objekt, poleg tega pa se v tem prostoru opravlja pretežno mentalno delo.

Za vsak tip konstrukcije najprej ločeno izračunamo pripadajočo zvočno izolirnost, nato pa izračunamo skupno zvočno izolirnost ločilne konstrukcije in pričakovano raven hrupa v prostoru.

Fasada - Zasteklitev

Predvidena je troslojna zasteklena fasada, zato predpostavimo zasteklitev s sestavo 4:/12/4/12/:4 iz literature [1] z zvočno izolirnostjo $R_w = 32$ dB. Zaradi stranskega prenosa odštejemo 2 dB, kot je navedeno v standardu ISO 12354-3 in na koncu še upoštevamo spektralni popravek $C_{tr} = -5$ dB. Tako končna izolirnost zasteklitve znaša 25 dB.

Vrata

Predvidena je troslojna zasteklena fasada, zato predpostavimo vrata s sestavo 4:/12/4/12/:4 iz literature [1] z zvočno izolirnostjo $R_w = 32$ dB. Skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012 odštejemo 5 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 $C_{tr} = -5$ dB. Tako končna izolirnost zasteklitve znaša 20 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 2,6 m² za vrata in 17,4 m² za stekleno fasado, 2,4 m², skupaj pa 20 m².

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

$$R'_{w} = 24 \text{ dB.}$$

Raven hrupa v prostoru

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

$$L_{notri} = L_{zunaj} - R'_{w,f} + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{A} \right) - \Delta L_{fs} = 34 \text{ dB}$$

kjer je $L_{zunaj} = 55$ dB, $R'_{w,f} = 24$ dB, $S = 20$ m², L_{fs} pa popravek zaradi oblike fasade, katerega v našem primeru ni. $A = 9$ m² in je ekvivalentna absorpcijska površina, ki je odvisna od volumna prostora (ta znaša 28,5 m³) in se izračuna po enačbi iz tehnične smernice (str. 15).

IZRAČUNANA RAVEN HRUPA		MEJNA RAVEN HRUPA
34 dB (A)	≤	55 dB (A)
Sestava zunanje ločilne konstrukcije je ustrezna.		

5. 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 računsko preverimo ustrežanje vsem zahtevam, ki se nanašajo na obravnavani objekt.

Opomba:

V obravnavanem primeru je objekt v največji meri klasificiran med *Stavbe za šport*, za katere je v skladu s tehnično smernico TSG-1-005:2012 potrebno zagotoviti, »da v varovanih in poslovnih prostorih teh stavb zaradi uporabe ostalih prostorov teh stavb ne bodo presežene mejne vrednosti ravni hrupa iz preglednic 2 in 3« iste tehnične smernice. V objektu so predvideni le tihi prostori za občasno uporabo (prostor za 1. pomoč,), v katerih mejne vrednosti iz preglednic 2 in 3 tehnične smernice zaradi uporabe drugih notranjih prostorov ne bodo presežene.

5.1. Stena med prostorom PR-10: servisni prostor in PR-11c: kuhinja in skladišče

Preglednica 6 tehnične smernice TSG-1-005:2012 podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

- 6.1 Stena med manj hrupno restavracijo in delon stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov $R'_w \geq 52$ dB

Izračun naredimo za del ločilne konstrukcije, kjer pričakujemo največji prehod hrupa in sicer za steno med prostoroma PR-10: servisni prostor in PR-11c: kuhinja in skladišče.

Po projektu je predvidena konstrukcija:

- 20 cm / AB stena
- 10 cm / podkonstrukcija s toplotno izolacijo
- 2,5 cm / MK obloga (npr. Knauf GKB 2 x 1,25 cm)

Zvočna izolirnost

Za AB steno izračunamo zvočno izolirnost po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1, ki znaša $R'_w = 59$ dB.

Izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnih slojev določimo z enačbo D.2 in ob uporabi tabele D.3 standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo maso dodatnega sloja $m'_{1/2} = 27$ kg/m². Dodatni sloj tako izboljšata izolativnost stene za **5 dB**.

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.

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.	medetažna k.	(Dd)	500	59	5
oddajni prostor	stena 1	(1)	45	32	0
	stena 2	(2)	45	54	0
	stena 3	(3)	375	55	3
	stena 4	(4)	500	59	0
sprejemni prostor	stena 1'	(1')	500	59	5
	stena 2'	(2')	0	0	0
	stena 3'	(3')	375	55	3
	stena 4'	(4')	500	59	5

Tabela 4: Zvočne izolirnosti mejne in stranskih konstrukcij.

Pot prehoda	Oznaka	$R_{Ff,w}$
D → d	$R_{Dd,w}$	64
1 → 1'	$R_{11',w}$	60
2 → 2'	$R_{22',w}$	0
3 → 3'	$R_{33',w}$	71
4 → 4'	$R_{44',w}$	75
D → 1'	$R_{D1',w}$	77
D → 2'	$R_{D2',w}$	0
D → 3'	$R_{D3',w}$	75
D → 4'	$R_{D4',w}$	78
1 → d	$R_{1d,w}$	76
2 → d	$R_{2d,w}$	87
3 → d	$R_{3d,w}$	75
4 → d	$R_{4d,w}$	75

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:

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

$$= \mathbf{58 \text{ dB}}$$

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

6. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme

Za objekte obravnavane namembnosti tehnična smernica TSG-1-005:2012 ne določa mejnih ravni hrupa, ki ga povzroča obratovalna oprema. Kljub temu je priporočljiva ustrezna izvedba strojnih inštalacij na objektu. Pri izvedbi vodovodnih inštalacij in kanalizacijskih odvodov je potrebno vgraditi ustrezne iztočne pipe, kolena in zagotoviti mehko pritrditev instalacijskih cevi. Pri izvedbi prebojev (prezračevalni kanali, inštalacije) je smiselno zagotoviti, da se zvok ne prenaša po zraku v prostore, ki so občutljivi na hrup. Poleg tega je v primeru obravnavanega objekta potrebno zagotoviti, da strojna oprema nameščena v bazenski strojnici ne povzroča prekomernega hrupa (nad 55 dB) v svoji okolici.

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 razpoloženje v prostoru.”*

Tako naredimo skladno standardom ISO 12354-6 izračun odmevnega časa za prostor PR-11: okrepčevalnica.

7.1. Izračun odmevnega časa – PR-11: okrepčevalnica

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 [2].

material	S [m ²]	Koeficient absorpcije α po oktavnih pasovih v Hz					
		125	250	500	1000	2000	4000
tla - ploščice	67.3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
strop, spušččen	67.3	0.40	0.45	0.45	0.45	0.45	0.50
stene, steklene	76.9	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
stene, MK	15.4	0.30	0.12	0.08	0.06	0.06	0.05
vrata	2.0	0.14	0.10	0.06	0.08	0.10	0.10
kovinski stoli	20.0	0.15	0.19	0.22	0.39	0.38	0.30

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, $V = 184,7$ 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. Odmevni čas prostora je ustrezen: vrednosti so glede na volumen prostora primerne in enakomerno razporejene preko frekvenčnih pasov.

Tabela 6: Izračunane vrednosti odmevnega časa.

Odmevni čas v sekundah	Oktavni pas v Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
	0.61	0.72	0.75	0.70	0.69	0.62

8. Izkaz o zaščiti pred hrupom

Izkaz o zaščiti pred hrupom je priložen ob koncu poročila.

9. Literatura

- [1] Tehnični podatki izolacijskega stekla Reflex, <http://www.reflex.si/si/steklo/zvocna-zascita>

- [2] Cox, T. J., D'Antonio, P. 2009. Acoustic absorbers and diffusers: theory, design, and application. 2nd edition. Oxon. Taylor & Francis: str. 440-444