

ELABORAT ZAŠČITE PRED HRUPOM V STAVBAH

Objekt: **PRIZIDEK TREH UČILNIC NA OŠ SOSTRO**

Lokacija: OŠ Sostro, Cesta II. Grupe odredov 47, 1261 Ljubljana-Dobrunje

Investitor: Mestna občina Ljubljana, Mestni trg 1, 1000 Ljubljana

Naročnik: CURK arhitektura d.o.o., Ukmarjeva ulica 4, 1000 Ljubljana

Vrsta proj. dokumentacije: PZI

Za gradnjo: Novogradnja-prizidava, rekonstrukcija
(nova gradnja, dozidava, nadzidava, rekonstrukcija, odstranitev objekta, sprememba namembnosti)

Projektant: Ekosystem d.o.o., Špelina ulica 1, 2000 Maribor, IZS 0783
Odgovorna oseba: Zoran ŠUTOVIČ, univ.dipl.inž.el.
(naziv projektanta, sedež, ime in podpis odgovorne osebe projektanta, žig)

Izdelovalec elaborata: Tomaž JURŠIČ, dipl.inž.les.
(ime in priimek, strokovna izobrazba, podpis)

Odgovorni vodja projekta: Jožica CURK, univ.dipl.inž.arh., A-0500
(ime in priimek, strokovna izobrazba, osebni žig, podpis)

Št. projekta: 06/21

Št. elaborata: **087-07-21 EZH**

Št. izvoda: 1 2 3 4 5 6

Kraj in datum: Ljubljana, september 2021

K A Z A L O

1. UVOD	4
2. PREDLOŽENA DOKUMENTACIJA.....	4
3. IZHODIŠČA ZA DELO - TEH. NORMATIVI	4
4. ZAŠČITA PRED PROMETNIM HRUPOM IN HRUPOM OKOLIŠKE DEJAVNOSTI	5
4.1. Nično stanje hrupa na območju	5
4.2. Zakonski normativi	6
4.2.1. Meje vrednosti ravni hrupa v prostorih občutljivih za hrup	6
4.2.2. Meje vrednosti ravni hrupa v varovanih prostorih	6
4.2.3. Predpisane vrednosti zvočne izolacije ločilnih konstrukcij.....	6
5. ZAŠČITA PRED ZUNANJIM HRUPOM	7
5.1. Fasada	7
5.1.1. Raven zunanjega hrupa v prostoru.....	8
6. VERTIKALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE	9
6.1. Stena med učilnicama	9
6.2. Stena med učilnico in hodnikom, v katero so vgrajena vrata	11
6.3. Stena brez vrat med učilnico in hodnikom	12
6.4. Navodila za izvedbo	14
7. HORIZONTALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE	15
7.1. Medetažna konstrukcija – T2	15
7.2. Medetažna konstrukcija – T3	17
8. DOLOČITEV IZOLACIJSKIH VREDNOSTI POSAMEZNIH ELEMENTOV	20
8.1. Okna – fasada	20
8.2. Vrata med učilnico in hodnikom	20
9. HRUP OBRATOVALNE OPREME.....	20
9.1. Vodovodne instalacije in kanalizacijski odvodi	20
9.2. Prezračevanje	20
10. OBVLADOVANJE ODMEVNEGA HRUPA.....	21
10.1. Akustične obloge.....	22
10.1.1. Učilnica	23
11. SKLEP	24

1. UVOD

Podjetje CURK arhitektura d.o.o, nam je naročilo izdelavo elaborata zaščite pred hrupom.

Predmet projekta je dozidava dveh učilnic (P+1N) in nadzidava ene učilnice (1N) na severozahodnem delu obstoječega objekta B, OŠ Sostro. Zaradi zakonskih sprememb se osnovne šole soočajo z veliko prostorsko stisko, ki jo trenutno rešujejo z reorganizacijo obstoječih prostorov šole. Kar pomeni, da z improviziranimi prostorskimi rešitvami izvajajo zahtevani šolski program. Z novo predvideno dozidavo in nadzidavo se število učencev oz. uporabnikov ne bo povečevalo.

Dozidani del se bo po vertikalnem gabaritu, zasnovi strehe ter zunanjemu izgledu zgledoval po obstoječem objektu B OŠ Sostro in ne bo presegel maksimalne višine slemena obstoječega objekta B (9,90m). Vhod je obstoječ.

S tem elaboratom dokazujemo, da predvidene sestave ločilnih elementov dosegajo zahteve naših predpisov. Izračuni, ki so opravljeni, predvsem pa ponujene rešitve, veljajo le toliko časa, dokler se držimo vseh njenih segmentov.

Elaborat je izdelan skladno s **7. členom** Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah (Ur.l. RS, št. 10/12 in 61/17 - GZ).

Glede na enotno klasifikacijo vrst objektov CC-SI, je objekt opredeljen kot:

100% - 12630 – Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo

2. PREDLOŽENA DOKUMENTACIJA

- Arhitektura – faza: PZI, izdelal: CURK arhitektura d.o.o., Ukmarjeva ulica 4, 1000 Ljubljana, številka projekta 06/21, julij 2021.

3. IZHODIŠČA ZA DELO - TEH. NORMATIVI

- [1] Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Ur.l. RS, št. 10/12 in 61/17 - GZ),
- [2] Tehnična smernica TSG-1-005:2012 - Zaščita pred hrupom v stavbah,
- [3] Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Ur.l. RS, št. 43/18),
- [4] DIN 4109/1989 – Zvočna zaščita v visokogradnji, primeri izvedbe in računski postopki
- [5] 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
- [6] SIST EN 12354-2:2017 Akustika v stavbah – Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov – 2.del: Izolirnost pred udarnim zvokom med prostori
- [7] 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

4. ZAŠČITA PRED PROMETNIM HRUPOM IN HRUPOM OKOLIŠKE DEJAVNOSTI

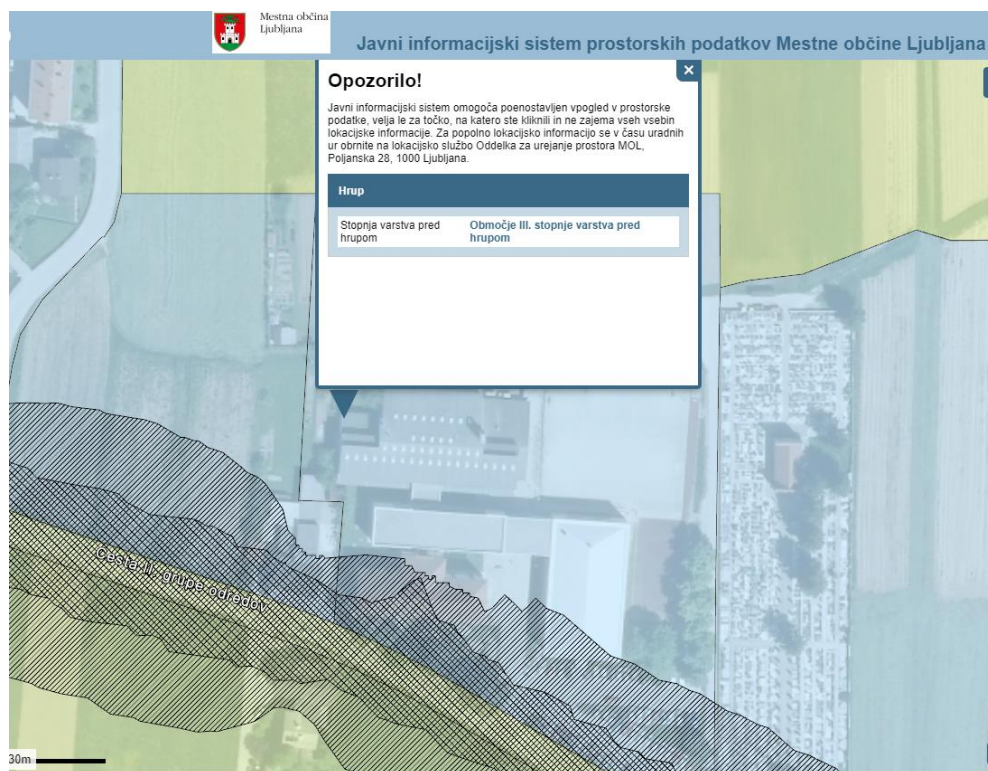
4.1. Nično stanje hrupa na območju



Slika 1: Območje obdelave (vir: Urbinfo)

V okolici območja so naslednji pomembni obstoječi viri hrupa:

- ⇒ okoliška dejavnost,
- ⇒ splošni hrup ozadja,
- ⇒ cestni promet po okoliških cestah.



Slika 2: Stopnja varstva pred hrupom obravnavanega območja (vir: Urbinfo)

V skladu z Uredbo o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Ur. l. RS št. 105/05, 34/08, 109/09, 62/10) se obravnavano lokacijo uvrsti v **III. cono varstva pred hrupom**, (območje površin podrobnejše namenske rabe prostora, na katerih je dopusten poseg v okolje, ki je manj moteč zaradi povzročanja hrupa – mešano območje), kjer so mejne dnevne in nočne ravni hrupa podane v tabeli 1. Obravnavano območje je naravno in bivalno okolje.

Tabela 1: Mejne ravni hrupa za III. območje zahtevnosti varstva pred hrupom.

VRSTA HRUPA	$L_{noč}$ (dBA)	L_{dvn} (dBA)
Mejna vrednost kazalcev hrupa	50	60

4.2. Zakonski normativi

4.2.1. Mejne vrednosti ravni hrupa v prostorih občutljivih za hrup

Zvočna izolirnost zunanjih ločilnih elementov mora biti dovolj velika, da hrup v varovanih prostorih stavbe v posameznih obdobjih dneva ne bo presegal mejnih ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} .

Tabela 2: Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} v dB(A) za naš primer

Namembnost prostora	Maksimalno dovoljena dan dB(A)	Maksimalno dovoljena večer dB(A)	Maksimalno dovoljena noč dB(A)
Učilnice	35	35	35

4.2.2. Mejne vrednosti ravni hrupa v varovanih prostorih

Mejne ravni hrupa L_{AFmax} , ki ga v posameznih varovanih prostorih stavbe povzroča obratovalna oprema ali hrup iz prostorov druge namembnosti, ne smejo presegati vrednosti iz tabele 3.

Tabela 3: Dopustna ekvivalentna raven hrupa za nemoteno delo pri posameznih vrstah dejavnosti

Namembnost prostora	Mejne ravni hrupa L_{AFmax} v dB(A)
Učilnice	40

4.2.3. Predpisane vrednosti zvočne izolacije ločilnih konstrukcij

Za obravnavani objekt veljajo kriteriji, ki so določeni v TSG-1-005:2012, preglednica 9. Obravnavamo samo konstrukcije, ki omejujejo varovane prostore v objektu.

5. ZAŠČITA PRED ZUNANJIM HRUPOM

V stavbi se nahajajo prostori (učilnice), za katere velja kriterij zaščite pred zunanjim hrupom $L_{Aeq} \leq 35$ dB (A) (dan). Glede na to, da objekt spada v III. cono varstva pred hrupom, je dovoljena mejna raven hrupa $L_{DvN} \leq 60$ dB (A). V nadaljevanju preverimo ali fasadna stena skupaj z okni izpolnjuje zahtevano zvočno izolirnost.

Izračun nivoja hrupa v prostoru izvedemo po SIST EN12354-3 oz. TSG-1-005:

$$L_{notri} = L_{zunaj,2m} - (R'_{w,f} + C_{tr,f}) + 10 \log (S_f/A) - \Delta L_{fs}$$

kjer so:

L_{notri}	- raven hrupa v varovanem prostoru, dB(A)
$L_{zunaj,2m}$	- raven hrupa 2 m od fasadne pregrade na zunanji strani, dB(A)
$R'_{w,f}$	- zvočna izolirnost fasade, ki pripada varovanemu prostoru, dB
$C_{tr,f}$	- korekcija za spektralno prilagoditev
S_f	- površina deleža fasade, ki pripada varovanemu prostoru, m ²
A	- ekvivalentna asorpcijska površina varovanega prostora, m ²
ΔL_{fs}	- korekcija zaradi vpliva oblike fasade

5.1. Fasada

Sestava konstrukcije:

1cm notranji omet	X 1800 kg/m ³	18 kg/m ²
20cm AB stena	X 2300 kg/m ³	460 kg/m ²
16cm toplotna izolacija (kamena volna)	X 100 kg/m ³	16 kg/m ²
zaključni omet	/	/
Površinska masa stene znaša		494 kg/m²

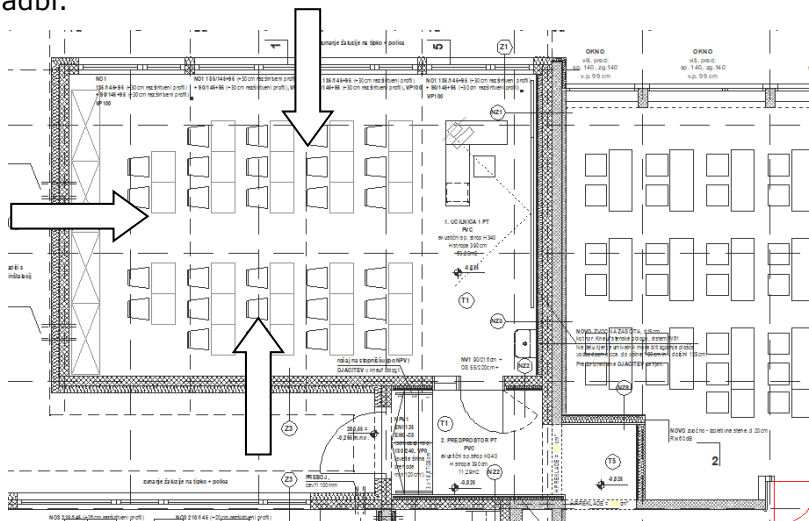
Ovrednotena zvočna izolirnost ločilnega elementa (AB stena+omet) je $R_{s,w} = 58,5$ (-2,-7) dB, izračunana po standardu [5], izolirnost pred zvokom v zraku pa je $R_{Dd,w} + C = 56,5$ dB. Izboljšanje zaradi lepljene in sidrane toplotne izolacije, izračunamo po dodatku D [5]. Resonančna frekvenca sistema znaša $f_0 = 157,5$ Hz, $\Delta R_w = 1,0$ dB.

Skupna ovrednotena zvočna izolirnosti konstrukcije pri direktnem prenosu je tako $R_{Dd,w} = 57,5$ dB.

5.1.1. Raven zunanje hrupa v prostoru

V opazovanje vzamem prostor 1 (učilnica 1 PT) v pritličju prizidka. Ta del fasade bo glede na večjo površino zasteklitve in po pričakovanjih najbolj obremenjen z zunanjim hrupom.

Predvidena so okna s trojno termoizolacijsko zasteklitvijo. Za izračun uporabimo zvočno izolirnost oken $R'_{w,okna} + C = 33$ dB. Pri tem imamo v mislih gradbeno zvočno izolirnost vgrajenih oken. Proizvajalec mora po TSG-1-005, tč. 1.1 dokazati ustreznost z laboratorijsko meritvijo, ki dokazuje da je zvočna izolirnost teh elementov izmerjena v laboratoriju za 2 dB večja od zvočne izolirnosti, ki je predpisana na zgradbi.



Ker gre za kombinacijo različnih sestav okna + fasada izračunamo rezultirajočo zvočno izolirnost fasadne stene skupaj z okni:

Površina oken: $S_1 = 20,7 \text{ m}^2$; ($R_{w,R1} = 35$ dB)
Površina fasade (neto): $S_2 = 69,0 \text{ m}^2$; ($R_{w,R2} = 57,5$ dB)
Skupna površina: $S_f = 89,7 \text{ m}^2$

Po TSG-1-005, točka 2.2 sledi:

$$R'_{w,R,res} = 57,5 - 10 \log(1 + (20,7/89,7) \times (10^{0,1 \times (57,5-35)} - 1))$$

$$R'_{w,R,res} = R'_{w,f} = \underline{39,3 \text{ dB}}$$

Stranskega prenosa glede na tč. 4.3 SIST EN 12354-3 ne računamo posebej, ampak upoštevamo pavšalno vrednost (-) 2 dB. Sedaj lahko izračunamo nivo zvoka za dnevni čas v prostoru L_{dan} po enačbi iz poglavja 5.0. Za izračun L_{dan} , upoštevam nivo hrupa po Uredbi, 60 dB(A).

$$L_{zunaj,2m} (dan) - 60 \text{ dB(A)}$$

$$R'_{w,f} - 37,3 \text{ dB}$$

$$S_f - 89,7 \text{ m}^2$$

$$A - 80,4 \text{ m}^2 \text{ pri volumnu prostora } 246,6 \text{ m}^3$$

$$\Delta L_{fs} - 0 \text{ dB}$$

$$L_{notri} = L_{zunaj,2m} - R'_{w,f} + 10 \log (S_f/A) - \Delta L_{fs}$$

$$\underline{L_{notri} = 23,2 \text{ dB(A)}}$$

Iz izračuna je razvidno, da nivo hrupa v prostoru **ne preseže** mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa, ki znaša $L_{Aeq} \leq 35$ dB.

Konstrukcija **zadostuje** kriterijem iz TSG-1-005:2012, preglednica 2.

6. VERTIKALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE

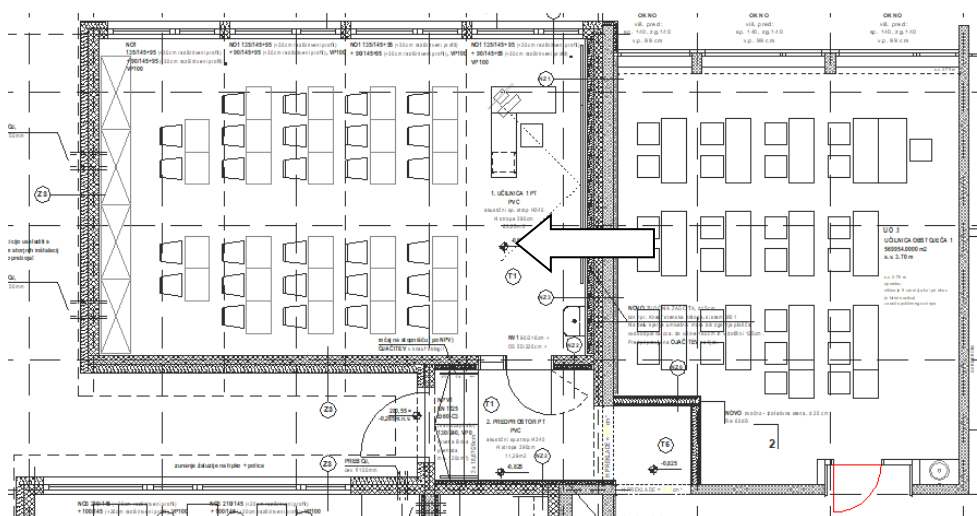
Izračun je izveden za idealno polne predelne konstrukcije. Lokalne oslavitve zaradi luknjanja slojev konstrukcij (tukaj mislim predvsem na elektro in strojne instalacije in njihove elemente), lahko negativno vplivajo na zvočno izolirnost konstrukcije. Električne doze in druge izvrtine, morajo biti izvedeni tako, da so njihove osi zamaknjene vsaj za 20-30 cm in zapolnjene z stekleno ali kameno volno. Pomembna je tudi izvedba prezračevalnih kanalov, ki morajo biti na vsakem dovodu in odvodu iz prostora opremljeni z dušilci. Pri tem so mišljeni vsi prostori občutljivi na hrup.

Glede na TSG-1-005:2012, preglednica 9, morajo biti izpolnjene naslednje predpisane zvočne izolirnosti:

Ločilna pregrada	Izolacija (dB)
Stena med učilnicama, stena med učilnico in kabinetom, stena med učilnico in prostorom za druge namene (preglednica 9, točka 9.1)	$R'_w \geq 52$ dB
Stena med učilnico ali kabinetom in hodnikom, v katero so vgrajena vrata (preglednica 9, točka 9.7)	$R'_w \geq 47$ dB
Stena brez vrat med učilnico ali kabinetom in hodnikom ali stopniščem (preglednica 9, točka 9.7)	$R'_w \geq 52$ dB

6.1. Stena med učilnicama

Obravnavamo AB steno med prostorom 1 (učilnica 1 PT) in prostorom UO.1 (učilnica obstoječa 1) v pritličju prizidka. Predpostavimo, da je prostor 1 (učilnica 1 PT) sprejemni prostor.



Sestava konstrukcije (NZ1):

notranja obdelava (omet, oplesk)	/	/
2x1,25cm MK plošča	X 900 kg/m ³	22,5 kg/m ²
12,5cm podkonstrukcija (vmes mineralna izolacija)	/	/
20cm AB stena	X 2300 kg/m ³	460 kg/m ²
20cm obstoječa AB stena	X 2300 kg/m ³	460 kg/m ²
Površinska masa stene znaša		942,5 kg/m²

Ovrednotena zvočna izolirnost ločilnega elementa je $R_{s,w} = 69,1$ dB, izračunana po standardu [5]. Izboljšanje zaradi upogibno mehke obloge izračunamo po dodatku D [5]. Resonančna frekvenca sistema znaša $f_0 = 32,2$ Hz, $\Delta R_w = 9,7$ dB. Iz izračuna sledi, da znaša skupna zvočna izolirnost konstrukcije $R_{Dd,w} = 78,8$ dB.

Stranske elemente predstavljajo:

- Talna konstrukcija, tip spoja (E.3), dolžina spoja $I_f = 6,38$ m
- Stropna konstrukcija, tip spoja (E.3), dolžina spoja $I_f = 6,38$ m
- AB stena proti predprostoru, tip spoja (E.3), dolžina spoja $I_f = 3,90$ m
- AB fasadna stena, tip spoja (E.3), dolžina spoja $I_f = 3,90$ m

Ovrednotene zvočne izolirnosti posameznih elementov pri direktnem prenosu $R_{Dd,W}$:

- Talna konstrukcija je 67,6 dB
- Stropna konstrukcija je 66,6 dB
- AB stena proti predprostoru je 57,9 dB
- AB fasadna stena je 57,5 dB

VHODNI PODATKI	ELEMENTI		SPOJI					
	m' (kg/m ²)	$R_{Dd,W}$ (dB)	m'_s/m'_f	K_{Ff} (dB)	K_{Fd} (dB)	K_{Df} (dB)	S (m ²)	I_f (m)
AB STENA	942,5	78,8					24,90	
TALNA KONSTRUKCIJA (F = f = 1)	590,0	67,6	1,60	8,80	5,94	5,94	0,00	6,38
STROPNA KONSTRUKCIJA (F = f = 2)	546,0	66,6	1,73	9,36	6,02	6,02	0,00	6,38
AB STENA PREDPROSTOR (F = f = 3)	460,0	57,9	2,05	10,65	6,25	6,25	0,00	3,90
AB FASADNA STENA (F = f = 4)	494,0	58,5	1,91	10,10	6,15	6,15	0,00	3,90

Glede na IZRAČUN (SIST EN 12354-1, enačbi (27) in (28)), znaša ovrednotena gradbena zvočna izolirnost konstrukcije:

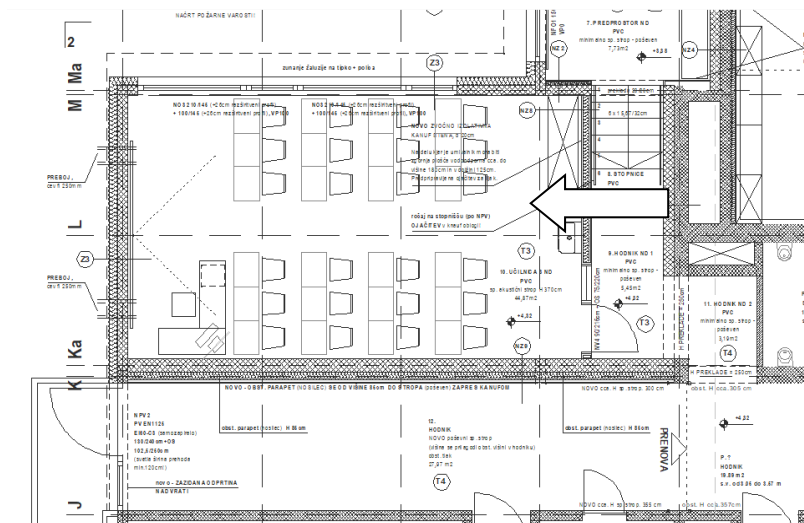
$$R'_W = -10 \log (10^{-R_{Dd,W}/10} + \sum 10^{-R_{Ff,W}/10} + \sum 10^{-R_{Df,W}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,W}/10})$$

$R'_W = 69,86 \approx 69$ dB.

Konstrukcija **zadostuje** kriterijem iz TSG-1-005:2012, preglednica 9, točka 9.1, ki znaša $R'_w \geq 52$ dB.

6.2. Stena med učilnico in hodnikom, v katero so vgrajena vrata

Obravnavamo MK steno med prostorom 10 (učilnica 3 ND) in prostorom 9 (hodnik) v 1.nadstropju objekta. Predpostavimo, da je prostor 10 (učilnica 3 ND) sprejemni prostor.



Sestava konstrukcije (NZ8):

notranja obdelava (omet, oplesk)	/	/
2x1,25cm MK plošča	X 900 kg/m ³	22,5 kg/m ²
15cm podkonstrukcija (vmes mineralna izolacija)	/	/
2x1,25cm MK plošča	X 900 kg/m ³	22,5 kg/m ²
notranja obdelava (omet, oplesk)	/	/
Površinska masa stene znaša		45 kg/m²

Ovrednotena zvočna izolirnost MK konstrukcije pri direktnem prenosu $R_{Dd,W}$ za npr. Knauf W115 (debelina izolacije 2x7,5cm) znaša 68 dB.

Stranske elemente predstavljajo:

- Talna konstrukcija, tip spoja (E.7), dolžina spoja $I_f = 5,05$ m
- Stropna konstrukcija, tip spoja (E.7), dolžina spoja $I_f = 5,05$ m
- AB stena proti predprostoru, tip spoja (E.7), dolžina spoja $I_f = 4,90$ m
- AB stena proti hodniku, tip spoja (E.7), dolžina spoja $I_f = 4,45$ m

Ovrednotene zvočne izolirnosti posameznih elementov pri direktnem prenosu $R_{Dd,W}$:

- Talna konstrukcija je 65,5 dB
- Stropna konstrukcija je 50,0 dB
- AB stena proti predprostoru je 57,9 dB
- AB stena proti hodniku je 76,8 dB

VHODNI PODATKI	ELEMENTI		SPOJI					
	m' (kg/m ²)	$R_{Dd,w}$ (dB)	m'_s/m'_f	K_{Ff} (dB)	K_{Fd} (dB)	K_{Df} (dB)	S (m ²)	I_f (m)
MK STENA	45,0	68,0					22,90	
TALNA KONSTRUKCIJA (F = f = 1)	500,0	65,5	0,09	23,98	20,46	20,46	0,00	5,05
STROPNA KONSTRUKCIJA (F = f = 2)	50,0	50,0	0,90	4,54	9,54	9,54	0,00	5,05
AB STENA PREDPROSTOR (F = f = 3)	460,0	57,9	0,10	23,04	20,10	20,10	0,00	4,90
AB STENA PROTI HODNIKU (F = f = 4)	597,5	76,8	0,08	26,03	21,23	21,23	0,00	4,45

Glede na IZRAČUN (SIST EN 12354-1, enačbi (27) in (28)), znaša ovrednotena gradbena zvočna izolirnost konstrukcije:

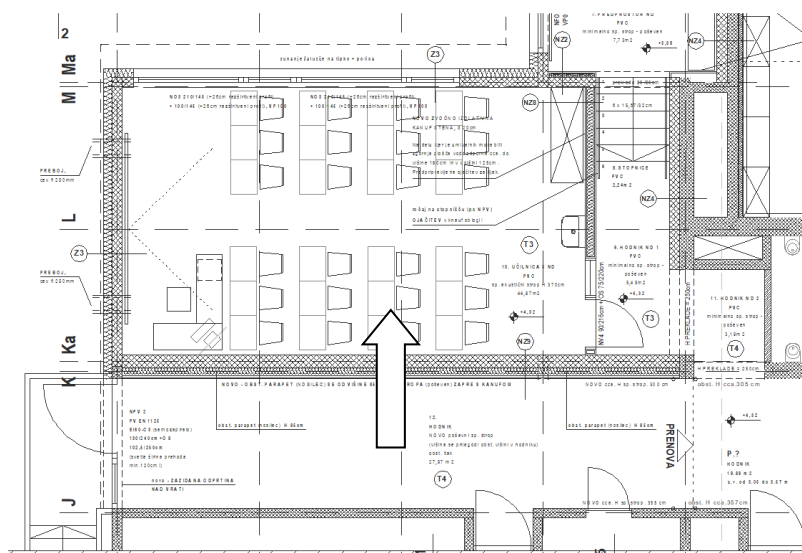
$$R'_w = -10 \log (10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,w}/10})$$

$R'_w = 60,00 \approx 60$ dB.

Konstrukcija **zadostuje** kriterijem iz TSG-1-005:2012, preglednica 9, točka 9.7, ki znaša $R'_w \geq 47$ dB.

6.3. Stena brez vrat med učilnico in hodnikom

Obravnavamo AB steno z dodatno MK oblogo med prostorom 10 (učilnica 3 ND) in prostorom 12 (hodnik) v 1. nadstropju objekta. Predpostavimo, da je prostor 10 (učilnica 3 ND) sprejemni prostor.



Sestava konstrukcije (NZ9):

notranja obdelava (omet, oplesk)	/	/
25cm AB stena	X 2300 kg/m ³	575 kg/m ²
19cm podkonstrukcija (vmes mineralna izolacija)	/	/
2x1,25cm MK plošča	X 900 kg/m ³	22,5 kg/m ²
notranja obdelava (omet, oplesk)	/	/
Površinska masa stene znaša		597,5 kg/m²

Ovrednotena zvočna izolirnost ločilnega elementa (AB stena) je $R_{s,w} = 61,5$ dB, izračunana po standardu [5]. Izboljšanje zaradi upogibno mehke obloge izračunamo po dodatku D [5]. Resonančna frekvenca sistema znaša $f_0 = 26,3$ Hz, $\Delta R_w = 15,3$ dB. Iz izračuna sledi, da znaša skupna zvočna izolirnost konstrukcije $R_{D,w} = 76,8$ dB.

Stranske elemente predstavljajo:

- Talna konstrukcija, tip spoja (E.3), dolžina spoja $I_f = 8,80$ m
- Stropna konstrukcija, tip spoja (E.3), dolžina spoja $I_f = 8,80$ m
- MK stena proti hodniku, tip spoja (E.7), dolžina spoja $I_f = 5,08$ m
- AB fasadna stena, tip spoja (E.3), dolžina spoja $I_f = 5,08$ m

Ovrednotene zvočne izolirnosti posameznih elementov pri direktnem prenosu $R_{D,w}$:

- Talna konstrukcija je 65,6 dB
- Stropna konstrukcija je 50,0 dB
- MK stena proti hodniku je 68,0 dB
- AB fasadna stena je 58,5 dB

VHODNI PODATKI	ELEMENTI		SPOJI					
	m' (kg/m ²)	$R_{D,w}$ (dB)	m'_s/m'_f	K_{FF} (dB)	K_{Fd} (dB)	K_{Df} (dB)	S (m ²)	I_f (m)
AB STENA Z MK OBLOGO	597,5	76,8					44,70	
TALNA KONSTRUKCIJA (F = f = 1)	500,0	65,5	1,20	6,83	5,73	5,73	0,00	8,80
STROPNA KONSTRUKCIJA (F = f = 2)	50,0	50,0	11,95	27,51	12,32	12,32	0,00	8,80
MK STENA HODNIKA (F = f = 3)	45,0	68,0	13,28	26,03	21,23	21,23	0,00	5,08
AB FASADNA STENA (F = f = 4)	494,0	58,5	1,21	6,90	5,74	5,74	0,00	5,08

Glede na IZRAČUN (SIST EN 12354-1, enačbi (27) in (28)), znaša ovrednotena gradbena zvočna izolirnost konstrukcije:

$$R'_w = -10 \log (10^{-R_{D,w}/10} + \sum 10^{-R_{FF,w}/10} + \sum 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,w}/10})$$

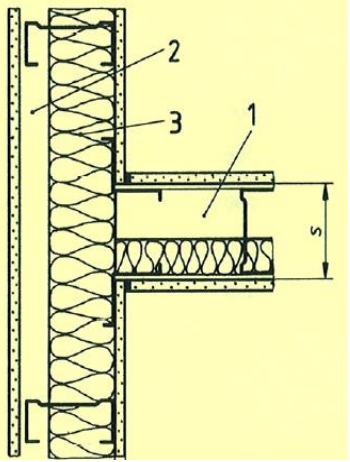
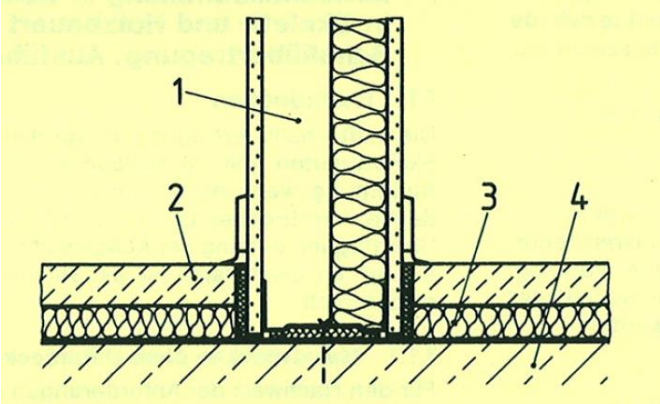
$R'_w = 70,09 \approx 70$ dB.

Konstrukcija **zadostuje** kriterijem iz TSG-1-005:2012, preglednica 9, točka 9.9, ki znaša $R'_w \geq 52$ dB.

6.4. Navodila za izvedbo

STIKI MONTAŽNIH STEN

Z namenom, da se kar najbolj približamo izolacijskim vrednostim montažnih sten izmerjenih v laboratoriju, je potrebno ravnati v skladu z napotki proizvajalca (v smislu celovite sistemske rešitve) ter paziti, da se stiki montažnih sten izvedejo na naslednje načine:

Stik dveh montažnih sten	Stik montažne stene med varovanimi prostori in talno ploščo (estrihom)
	

PREBOJI ČEZ PREDELNE STENE

Prebojem čez predelne stene oz. mavčno kartonske predelne stene, se je potrebno na vsak način izogibati. Povsod, kjer to ni možno (instalacije, prezračevalni kanali), je potrebno poskrbeti da so preboji čim manjši, po vstavitvi cevi ali kanala pa mora biti preostanek izseka zapolnjen z gibkim, elastičnim materialom (npr. silikonski kit ali ekspandirana guma). Slabo izvedeni preboji ali nezatesnjene odprtine lahko dodobra uničijo ves izolativni učinek!

7. HORIZONTALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE

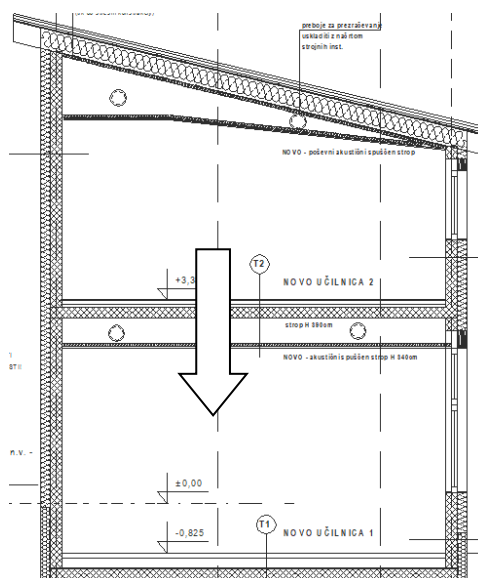
Pri izvedbi plavajočega poda medetažnih konstrukcij, je potrebno posebno pozornost nameniti vgradnji zvočne izolacije vsled preprečevanja širjenja udarnega zvoka. Namesto uporabe materialov iz ekstrudiranega polistirena (XPS) in navadnega ekspandiranega polistirena (EPS), priporočamo uporabo materialov iz steklene ali kamene volne, prav tako naj se iz istih materialov uporabi tudi robni dilatacijski pas. V primeru, da se bo vseeno uporabil material iz ekspandiranega polistirena, potem priporočamo uporabo elastificiranega ekspandiranega polistirena.

Glede na TSG-1-005:2012, preglednica 9, morajo biti izpolnjene naslednje predpisane zvočne izolirnosti:

Ločilna pregrada	Izolacija (dB)
Medetažna konstrukcija (preglednica 9, točka 9.12)	$R'_{w} \geq 52$ dB $L'_{n,w} \leq 58$ dB

7.1. Medetažna konstrukcija – T2

Medetažna konstrukcija je izvedena kot plavajoči estrih na AB plošči. Obravnavamo medetažno konstrukcijo med prostorom 6 (učilnica 2 ND) v 1. nadstropju in prostorom 1 (učilnica 1 PT) v pritličju objekta. Predpostavimo, da je prostor 1 (učilnica 1 PT) v pritličju sprejemni prostor.



Sestava konstrukcije (T2):

PVC	/	/
izravnalna masa	/	/
6cm armirani cementni estrih	X 2200 kg/m ³	132 kg/m ²
0,2cm ločilna PE folija	/	/
4cm izolacija (EPS)	/	/
18cm AB plošča	X 2300 kg/m ³	414 kg/m ²
Površinska masa znaša		546 kg/m²

Izolirnost pred zvokom v zraku:

Ovrednotena zvočna izolirnost nosilne AB konstrukcije pri direktnem prenosu je $R_{Dd,W} = 56,1$ dB, izračunana po standardu [5]. Izboljšanje zaradi plavajočega estriha izračunamo po dodatku D [5]. Resonančna frekvenca sistema znaša $f_0 = 61,9$ Hz, $\Delta R_W = 10,5$ dB. Skupna ovrednotena zvočna izolirnosti konstrukcije pri direktnem prenosu je $R_{Dd,W} = 66,6$ dB.

Stranske elemente predstavljajo:

- AB stena sosednje učilnice, tip spoja (E.3), dolžina spoja $I_f = 6,4$ m
- AB stena proti predprostoru, tip spoja (E.7), dolžina spoja $I_f = 3,4$ m
- AB fasadna stena, tip spoja (E.4), dolžina spoja $I_f = 23,0$ m

Ovrednotene zvočne izolirnosti posameznih elementov pri direktnem prenosu $R_{Dd,W}$:

- AB stena sosednje učilnice je 76,8 dB
- AB stena proti predprostoru je 57,9 dB
- AB fasadna stena je 58,5 dB

VHODNI PODATKI	ELEMENTI		SPOJI					
	m' (kg/m ²)	$R_{Dd,W}$ (dB)	m'_s/m'_f	K_{Ff} (dB)	K_{Fd} (dB)	K_{Df} (dB)	S (m ²)	I_f (m)
MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA	546,0	66,6					63,25	
AB STENA SOSEDNJE UČILNICE (F = f = 1)	942,5	76,8	0,58	2,68	6,02	6,02	0,00	6,40
AB STENA PREDPROSTOR (F = f = 2)	460,0	57,9	1,19	6,78	5,73	5,73	0,00	3,40
AB FASADNA STENA (F = f = 1)	494,0	58,5	1,11	6,32	5,71	5,71	0,00	23,00

Glede na IZRAČUN (SIST EN 12354-1, enačbi (27) in (28)), znaša ovrednotena gradbena zvočna izolirnost konstrukcije:

$$R'_W = -10 \log (10^{-R_{Dd,W}/10} + \sum 10^{-R_{Ff,W}/10} + \sum 10^{-R_{Df,W}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,W}/10})$$

$R'_W = 63,12 \approx 63$ dB.

Izolirnost pred udarnim zvokom:

Vhodni podatki:

- Masa estriha (obloge) m_e' : 132 kg/m²
- masa plošče m_p' : 414 kg/m²
- Stopnja dinamične togosti zvočne izolacije (min.) – EPS: $s' = 15 \text{ MN/m}^3$

- Ekvivalentno ovrednoteno normirano raven zvočnega tlaka udarnega zvoka, izračunamo po enačbi B.5 standarda SIST EN 12354-2:

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \log (m_p' / 1 \text{ kg/m}^2) \text{ dB}$$

$$L_{n,w,eq} = 72,4 \text{ dB}$$

- Ovrednoteno izboljšanje izolacije pred udarnim zvokom plavajočega poda:

$$\Delta L_w = 30 \log (f/f_0) = 30 \log (500 / (160 \sqrt{(s' / m_e')})) = 29,0 \text{ dB}$$

- Korekcijski faktorja K za stranski prenos glede na povprečno površinsko gostoto stranskih elementov je +2 dB.

Ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K$$

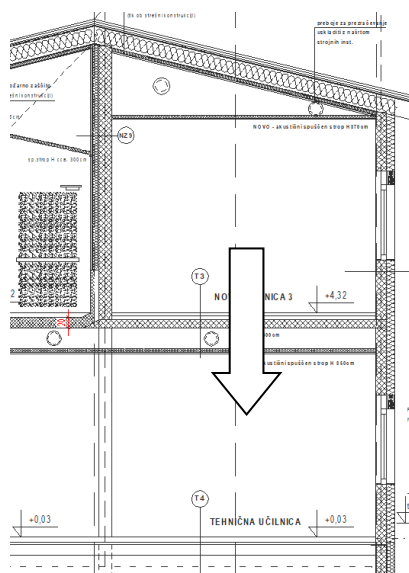
$$L'_{n,w} = 72,4 - 29,0 + 2$$

$$L'_{n,w} = \underline{\underline{45,4 \text{ dB}}}$$

Konstrukcija **zadostuje** kriterijem iz TSG-1-005:2012, preglednica 9, točka 9.12, ki znaša $R'_w \geq 52 \text{ dB}$ in $L'_{n,w} \leq 58 \text{ dB}$.

7.2. Medetažna konstrukcija – T3

Medetažna konstrukcija je izvedena kot plavajoči estrih na AB plošči. Obravnavamo medetažno konstrukcijo med prostorom 10 (učilnica 3 ND) v 1. nadstropju in prostorom 3 (učilnica teh. pouk) v pritličju objekta. Predpostavimo, da je prostor 3 (učilnica teh. pouk) v pritličju sprejemni prostor.



Sestava konstrukcije (T3):

PVC	/	/
izravnalna masa	/	/
6cm armirani cementni estrih	X 2200 kg/m ³	132 kg/m ²
0,2cm ločilna PE folija	/	/
4cm izolacija (EPS)	/	/
16cm AB plošča	X 2300 kg/m ³	368 kg/m ²
Površinska masa znaša		500 kg/m²

Izolirnost pred zvokom v zraku:

Ovrednotena zvočna izolirnost nosilne AB konstrukcije pri direktnem prenosu je $R_{Dd,W} = 54,2$ dB, izračunana po standardu [5]. Izboljšanje zaradi plavajočega estriha izračunamo po dodatku D [5]. Resonančna frekvenca sistema znaša $f_0 = 62,9$ Hz, $\Delta R_W = 11,3$ dB. Skupna ovrednotena zvočna izolirnosti konstrukcije pri direktnem prenosu je $R_{Dd,W} = 65,5$ dB.

Stranske elemente predstavljajo:

- AB stena proti delavnici, tip spoja (E.3), dolžina spoja $I_f = 5,1$ m
- AB fasadna stena, tip spoja (E.4), dolžina spoja $I_f = 13,1$ m

Ovrednotene zvočne izolirnosti posameznih elementov pri direktnem prenosu $R_{Dd,W}$:

- AB stena proti delavnici je 70,9 dB
- AB fasadna stena je 58,5 dB

VHODNI PODATKI	ELEMENTI		SPOJI					
	m' (kg/m ²)	$R_{Dd,W}$ (dB)	m'_s/m'_f	K_{Ff} (dB)	K_{Fd} (dB)	K_{Df} (dB)	S (m ²)	I_f (m)
MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA	500,0	65,5					44,87	
AB FASADNA PROTI DELAVNICI ($F = f = 1$)	482,5	70,9	1,04	8,44	21,86	21,86	0,00	5,10
AB FASADNA STENA ($F = f = 2$)	494,0	58,5	1,01	5,05	10,05	10,05	0,00	13,10

Glede na IZRAČUN (SIST EN 12354-1, enačbi (27) in (28)), znaša ovrednotena gradbena zvočna izolirnost konstrukcije:

$$R'_W = -10 \log (10^{-R_{Dd,W}/10} + \sum 10^{-R_{Ff,W}/10} + \sum 10^{-R_{Df,W}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,W}/10})$$

$$\underline{R'_W = 63,48 \approx 63 \text{ dB.}}$$

Izolirnost pred udarnim zvokom:

Vhodni podatki:

- Masa estriha (obloge) m_e' : 132 kg/m²
- masa plošče m_p' : 368 kg/m²
- Stopnja dinamične togosti zvočne izolacije (min.) – EPS: $s' = 15 \text{ MN/m}^3$
- Ekvivalentno ovrednoteno normirano raven zvočnega tlaka udarnega zvoka, izračunamo po enačbi B.5 standarda SIST EN 12354-2:

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \log (m_p' / 1 \text{ kg/m}^2) \text{ dB}$$

$$L_{n,w,eq} = 74,2 \text{ dB}$$

- Ovrednoteno izboljšanje izolacije pred udarnim zvokom plavajočega poda:

$$\Delta L_w = 30 \log (f/f_0) = 30 \log (500 / (160 \sqrt{(s' / m_e')})) = 29,0 \text{ dB}$$

- Korekcijski faktorja K za stranski prenos glede na povprečno površinsko gostoto stranskih elementov je +2 dB.

Ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K$$

$$L'_{n,w} = 74,2 - 29,0 + 2$$

$$L'_{n,w} = \underline{\underline{47,2 \text{ dB}}}$$

Konstrukcija **zadostuje** kriterijem iz TSG-1-005:2012, preglednica 9, točka 9.12, ki znaša $R'_w \geq 52 \text{ dB}$ in $L'_{n,w} \leq 58 \text{ dB}$.

8. DOLOČITEV IZOLACIJSKIH VREDNOSTI POSAMEZNIH ELEMENTOV

8.1. Okna – fasada

Zvočna izolirnost oken, vgrajenih v fasado objekta, uporabljena za izračun v tem elaboratu je **$R'_{w,okna} + C = 33 \text{ dB}$** .

Proizvajalec mora po TSG-1-005, tč. 1.1 (1) dokazati ustreznost z laboratorijsko meritvijo, ki dokazuje da je zvočna izolirnost teh elementov izmerjena v laboratoriju za 2 dB večja od zvočne izolirnosti, ki je predpisana na zgradbi in zagotoviti strokovno vgradnjo. To pomeni, da mora znašati laboratorijska meritev oken **$R_{w,okna} + C \geq 35 \text{ dB}$** .

Pojasnilo – korekcija za spektralno prilagoditev

C in C_{tr} (C –prva številka, C_{tr} –druga številka) sta korekcijska faktorja in sicer C za območje srednjih frekvenc (npr. govor) in C_{tr} za območje nizkih frekvencah (npr. promet). Potrebna izolativnost oken (podatek za naročilo) je torej izračunana vrednost $R_{w,okna}$, povečanega za spektralno prilagoditev C ali C_{tr} (odvisno od posameznega primera).

8.2. Vrata med učilnico in hodnikom

Zvočna izolirnost vrat med učilnico in hodnikom, morajo biti $R'_w = 27 \text{ dB}$.

Proizvajalec mora po TSG-1-005, tč. 1.1 (2) dokazati ustreznost z laboratorijsko meritvijo, ki dokazuje da je zvočna izolirnost teh elementov izmerjena v laboratoriju za 5dB večja od zvočne izolirnosti, ki je predpisana na zgradbi in zagotoviti strokovno vgradnjo. To pomeni, da mora znašati laboratorijska meritev vhodnih vrat v stanovanja **$R_w \geq 32 \text{ dB}$** .

9. HRUP OBRATOVALNE OPREME

9.1. Vodovodne instalacije in kanalizacijski odvodi

Zahteva, da ni presežen nivo hrupa **40 dB (A)** (učilnice) zaradi uporabe instalacijskega sistema bo izpolnjena, če bodo vgrajene ustrezne iztočne pipe, kolena in mehka pritrditev instalacijskih cevi.

9.2. Prezračevanje

Objekt bo prisilno prezračevan, zato je potrebno sistem ustrezno projektirati (dušilniki, izolacija kanalov, spoji kanalov, šobe,...), da nivo hrupa ne preseže mejne vrednosti **40 dB (A)** (učilnice). Posebno pozornost je potrebno nameniti prehodom prezračevalnih kanalov skozi ločilne stene. Izogibati se je potrebno prehodom med ločilnimi stenami za katere veljajo kriteriji iz TSG-1-005:2012, oz. se morajo na prehodih vgraditi dušilci zvoka. Pomembno je, da se prepreči prenos zvoka v zraku po prezračevalnih kanalih med sosednjimi prostori, ki so občutljivi na hrup.

Predlagamo vgradnjo dušilnikov zvoka na vstopu kanala v prostor.

10. OBVLADOVANJE ODMEVNEGA HRUPA

Predpis zahteva, da se preveri tudi odmevni hrup v prostorih, kjer se dalj časa zadržujejo uporabniki, kot so npr. učilnice, šolski večnamenski prostori, telovadnice itd.... Gre v bistvu za zmanjšanje posredne (odmevne) komponente hrupa. Odmevni hrup v prostoru je odvisen od dolžine odmevnega časa. V akustično neurejenem prostoru je odmevni čas praviloma precej daljši od optimalnega, zato je tak prostor odmeven in hrupen. Odmevni čas skrajšamo oz. prilagodimo optimalni vrednosti s povečanjem absorpcije zvoka v prostoru, tj. z namestitvijo materialov ali konstrukcij, ki imajo velik koeficient absorpcije zvoka α .

Znižanje ravni hrupa s povečanjem koeficienta absorpcije, je odvisno od spremembe odmevnega časa in se po TSG-1-005 določi z enačbo:

$$\Delta L = 10 \times \log T_1/T_2$$

Kjer je:

T₁ – prvotni odmevni čas

T₂ – odmevni čas po dodani absorpciji

Odmevni čas računamo po Sabinovi enačbi:

$$T = (0,163 V) / (A + 4mV) \quad [s]$$

kjer je

V...prostornina prostora [m³]

A...ekvivalentna absorpcijska površina [m²]

4mV...absorpcija zvoka v zraku [m²]

Znižanje splošne ravni hrupa, dosežemo s povečanjem zvočne absorpcije na površinah obravnavanih prostorov (strop, stena, tla,...). Koeficienti absorpcije α predstavljajo delež zvočne energije, ki se ob vpadu zvočnega vala na mejno površino absorbira. Vrednosti α , ki so uporabljeni v izračunu odmevnega časa, so podani poleg posameznega elementa v prostoru v izračunu. V kolikor za material niso na voljo dejanski podatki laboratorijskih meritev, smo le-te vzeli iz strokovne literature.

V elaboratu so prikazani značilni primeri akustične ureditve posameznih prostorov vendar velja enak način tudi za akustično ureditev vseh ostalih podobnih prostorov v stavbi, kjer se dalj časa zadržujejo uporabniki.

10.1. Akustične obloge

Za doseganje akustičnega ugodja v obravnavanih prostorih, je potrebno:

1. Določiti lokacijo namestitve akustičnih oblog.
2. Določiti min. absorpcijske lastnosti akustičnih oblog.
3. Določiti min. površino akustičnih oblog, potrebnih za namestitev v posamezen prostor.

Za prostore, obravnavane v Elaboratu velja:

1. Predvidi se, da se bodo akustične obloge namestile na **stropne površine** posameznega obravnavanega prostora.
2. Za določitev potrebne površine akustične obloge izberemo material, kjer je srednja vrednost absorpcije po standardu SIST EN ISO 11654 najmanj razreda D (mavčnokartonski strop) z naslednjimi min. absorpcijskimi lastnostmi:

Akustični mavčno kartonski strop:

F(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,40	0,45	0,45	0,50	0,45	0,50

oz. ekvivalentno z: $\alpha_w = 0,50$

(kot npr. Knauf Cleaneo Akustik 6/18 R s standardno tkanino + mineralna volna 5cm - obešalna višina 40cm)

3. Minimalna površina akustičnih oblog je **100%** stropnih površin učilnic.

10.1.1. Učilnica

V opazovanje vzamemo učilnico 1. učilnica 1 PT v pritličju objekta. Preverimo vpliv, ki ga ima na zmanjšanje ravni hrupa v prostoru namestitve učinkovitih absorberjev zvoka v prostoru.

Odmevni čas:

Optimalna vrednost odmevnega časa za polno zasedeno učilnico (prostornine 215,1 m³), znaša: **T_{opt.}=0,55s** (srednja vrednost v pasovih 500 Hz in 1000 Hz).

Izračunan odmevni čas v učilnici (nezasedena), ki ni akustično obdelana, znaša: **T₁=1,84s**.

Opravimo grob izračun odmevnega časa v polno zasedeni akustično obdelani učilnici:

Bočni elementi prostora	površina S [m²]	srednje vrednosti oktav (Hz)											
		125		250		500		1000		2000		4000	
		koeficient absorpcije α, ekvivalentna absorpcijska površina A [m²]											
		α	A	α	A	α	A	α	A	α	A	α	A
TLA													
PVC	63,25	0,02	1,27	0,02	1,27	0,04	2,53	0,05	3,16	0,05	3,16	0,10	6,33
STROP													
mavčno kartonski akustično obdelan strop - Tip D	63,25	0,40	25,30	0,45	28,46	0,45	28,46	0,50	31,63	0,45	28,46	0,50	31,63
STENE													
ometane in opleskane gladke stene	86,5	0,02	1,73	0,03	2,60	0,03	2,60	0,03	2,60	0,04	3,46	0,07	6,06
vrata (lesena)	1,90	0,25	0,48	0,20	0,04	0,15	0,29	0,10	0,19	0,08	0,15	0,07	0,13
DRUGO													
učenci	45,00	0,33	14,85	0,40	18,00	0,44	19,80	0,44	19,80	0,45	20,25	0,45	20,25
okna (večslojna)	21,90	0,10	2,19	0,07	1,53	0,04	0,88	0,03	0,66	0,02	0,44	0,02	0,44
lesena oprema	35,40	0,12	4,25	0,18	6,37	0,28	9,91	0,30	10,62	0,32	11,33	0,37	13,10
ΣA			50,06		58,27		64,46		68,65		67,25		77,92
Volumen prostora [m³]	215,1												
Odmevni čas T2 [s]		0,70		0,60		0,54		0,51		0,52		0,45	
Odmevni čas po abs. T2 (s)		0,55											

Sedaj lahko izračunamo zmanjšanje ravni hrupa v prostoru zaradi namestitve učinkovitih absorberjev zvoka na 55% stropnih površin:

$$\Delta L = 10 \times \log T_1/T_2$$

$$\Delta L = 10 \times \log 1,84/0,55$$

$$\Delta L = 5,20 \text{ dB}$$

Izračunamo, da bo raven hrupa zaradi uporabe primerne absorpcijskega materiala na 100% stropnih površin, znižana za **5,20 dB**.

11. SKLEP

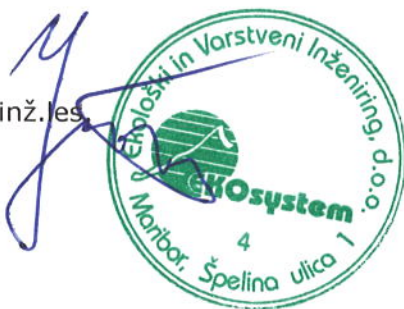
NA OSNOVI OCENE PROJEKTNE DOKUMENTACIJE UGOTAVLJAMO, DA BO PREDPISANA MINIMALNA ZVOČNA IZOLACIJA STEN IN STROPOV DOSEŽENA, ČE BODO UPORABLJENI V TEM ELABORATU UPOŠTEVANI GRADBENI MATERIALI IN ELEMENTI.

OB MOREBITNI UPORABI DRUGIH MATERIALOV JE POTREBNO NAREEDITI NOVE IZRAČUNE OZIROMA NOV ELABORAT.

POROČILO JE AVTORSKO DELO IZVAJALCA, NAROČNIK SE OBVEZUJE NJEGOVO VSEBINO VAROVATI IN RAZPOLAGATI Z NJO LE Z IZRECNIM DOVOLJENJEM AVTORJA!

Izdelal:

Tomaž Juršič dipl.inž.les



september 2021