NASLOVNA STRAN NAČRTA

11: Drugi načrti v skladu s predpisi
Elaborat zaščite pred hrupom v stavbah

PODATKI O GRADNJI	
naziv gradnje	**NADZIDAVA OBSTOJEČEGA ŠOLSKEGA OBJEKTA BIC LJUBLJANA**
kratek opis gradnje	Predmet projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja je nadzidava in rekonstrukcija dela obstoječe šolske stavbe BIC Ljubljana. Predmetni posegi se nanašajo na SZ del objekta. Predvidena je nadzidava severozahodne obstoječe ravne strehe nad prvim nadstropjem, v novih prostorih je predvidena ureditev kabinetov ter ločenih zbornic za posamezne izobraževalne programe. Rekonstrukcija se nanaša na zaprtje obstoječega dvovišinskega prostora v 1.nadstropju, s čimer bo šola pridobila nove kabinete. Naročnik želi izvesti navedene posege zaradi pomanjkanja ustreznih prostorov za učitelje, število udeležencev učnega programa (učencev in zaposlenih) se ne bo povečalo. Tlorisni gabariti obstoječega objekta se ne spreminjajo. Odmiki objekta od sosednjih zemljišč so obstoječi in se ne spreminjajo. Višina slemena in venca objekta se ne spreminja. Posegi so predvideni na nivoju 3. etaže.
VRSTE GRADNJE	**Novogradnja – prizidava, rekonstrukcija**
PODATKI O PROJEKTNI DOKUMENTACIJI	
vrsta dokumentacije *(DPP, DGD, PZI, PID)*	**PZI**
številka projekta	**01/24**
PODATKI O NAČRTU	
strokovno področje načrta	**Drugi načrti v skladu s predpisi**
naziv načrta	**Elaborat zaščite pred hrupom v stavbah**
številka načrta	**031-02-24 EZH**
datum izdelave	**marec 2024**
datum spremembe	
PODATKI O PROJEKTANTU NAČRTA	
projektant načrta (naziv družbe)	**Ekosystem d.o.o.**
naslov	**Špelina ulica 1, 2000 Maribor**
odgovorna oseba projektanta načrta	**Zoran Šutovič, univ. dipl. inž. el.**
podpis odgovorne osebe projektanta načrta	
PODATKI O IZDELOVALCU NAČRTA	
ime in priimek	**Tomaž Juršič, dipl. inž. les.**
podpis	

Ekološki in Varstveni Inženiring, d.o.o. EKOsystem Maribor, Špelina ulica 1

Družba je vpisana v sodni register Okrožnega sodišča v Mariboru, osnovni kapital družbe 21.000,00 €.
Matična številka: 5733448. Identifikacijska št. za DDV: SI79423973. Poslovni račun št.: 02280-0010061059 pri NLB d.d.

KAZALO

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. Mejne vrednosti ravni hrupa v prostorih občutljivih za hrup 6
4.2.2. Mejne 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 8
5.2. Streha 8
5.3. Potrebna zvočna izolirnost fasadnega pasu – zbornica 1 9
5.3.1. Raven zunanjega hrupa v prostoru 9

6. VERTIKALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE 11

6.1. MK stena med zbornico in kabinetom 11
6.2. MK stena med kabinetoma 13
6.3. MK stena med zbornico in manj hrupno strojnico 14
6.4. MK stena med kabinetom in hodnikom v katero so vgrajena vrata 16
6.5. Navodila za izvedbo lahkih predelnih sten 18

7. HORIZONTALNE LOČILNE KONSTRUKCIJE 19

7.1. Medetažna konstrukcija 19

8. DOLOČITEV IZOLACIJSKIH VREDNOSTI POSAMEZNIH ELEMENTOV 22

8.1. Okna 22
8.2. Vrata med kabinetom in hodnikom 22
8.3. Polietilenska folija (stopnja dinamične togosti izolacije) 22

9. HRUP OBRATOVALNE OPREME 23

9.1. Vodovodne instalacije in kanalizacijski odvodi 23
9.2. Ogrevanje in hlajenje 23
9.3. Prezračevanje 23

10. OBVLADOVANJE ODMEVNEGA HRUPA 24

10.1. Akustične obloge 25
10.1.1. Zbornica 26
10.1.2. Kabinet 27
10.1.3. Sejna soba 28

11. SKLEP 29

1. UVOD

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

Predmet projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja je nadzidava in rekonstrukcija dela obstoječe šolske stavbe BIC Ljubljana. Predmetni posegi se nanašajo na SZ del objekta. Predvidena je nadzidava SZ dela obstoječe ravne strehe nad 1. nadstropjem ter zaprtje obstoječega dvovišinskega prostora v 2.nadstropju.

Rušitve
Predvidena je odstranitev obstoječih kovinskih konstrukcij, v katerih se nahajajo klimati, na SZ delu obstoječe ravne strehe (na nivoju 3. etaže oz. 2. nadstropja).

Nadzidava
Predvidena je nadzidava SZ dela obstoječe ravne strehe nad 1. nadstropjem; novo pridobljeni prostori se bodo nahajali v 3. etaži (2. nadstropje). Predvidena je ureditev kabinetov ter ločenih zbornic za posamezne izobraževalne programe.

Rekonstrukcija
Rekonstrukcija se nanaša na zaprtje obstoječega dvovišinskega prostora v 2. nadstropju (3. etaža), s čimer bo šola pridobila nove kabinete.

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, 61/17 – GZ in 199/21 – GZ-1).

Glede na enotno klasifikacijo vrst objektov CC-SI, je objekt opredeljen kot:
- **100 % - 12630** Stavba za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo

2. PREDLOŽENA DOKUMENTACIJA

- Arhitektura – faza: PZI, izdelal: CURK ARHITEKTURA d.o.o., Ukmarjeva ulica 4, 1000 Ljubljana; številka projekta: 01/24, marec 2024.

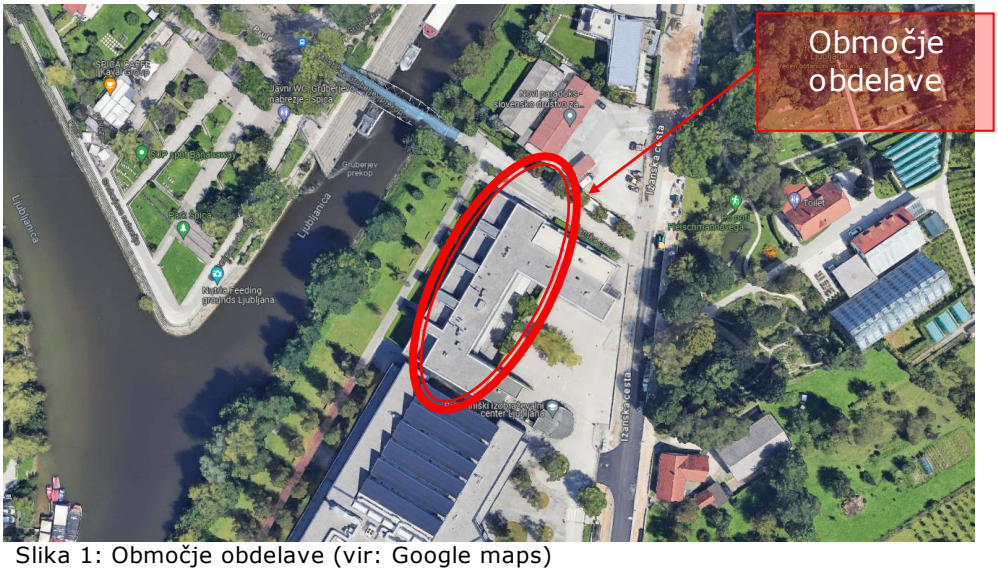
3. IZHODIŠČA ZA DELO - TEH. NORMATIVI

- [1] Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Ur.l. RS, št. 10/12, 61/17–GZ, 199/21– GZ-1),
- [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, 59/19 in 44/22-ZVO-2),
- [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 zunanjosti
- [8] DIN 18041:2016-03 Acoustic quality in rooms - Specifications and instructions for the room acoustic design

4. ZAŠČITA PRED PROMETNIM HRUPOM IN HRUPOM OKOLIŠKE DEJAVNOSTI

4.1. Nično stanje hrupa na območju

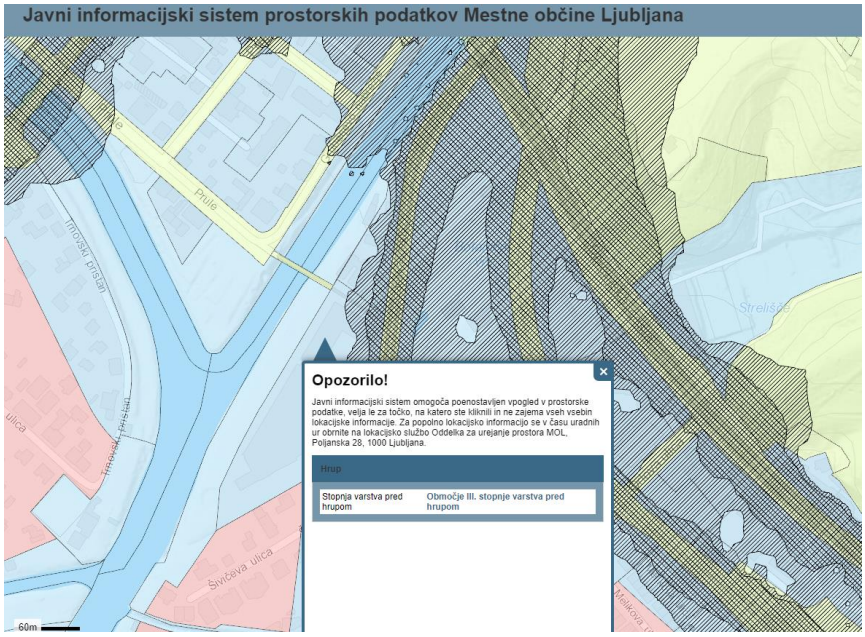
Obravnavani objekt se nahaja na naslovu Ižanska cesta 10, Ljubljana, med Ljubljanico in Dolenjsko cesto oz. neposredni bližini Botaničnega vrta. Stavba je namenjena vzgoji in izobraževanju dijakov in študentov na področju prehrane, živil in biotehnike.



Slika 1: Območje obdelave (vir: Google maps)

V okolici območja so naslednji pomembni obstoječi viri hrupa:
⇒ okoliška dejavnost,
⇒ splošni hrup ozadja,
⇒ cestni promet po okoliških cestah.

Predpis (TSG [2]) navaja, da če podatki o hrupu na mestu, kjer se stavba nahaja, niso na voljo, je potrebno pri izračunih zvočne izolacije zunanjih ločilnih elementov stavbe upoštevati okoljske mejne ravni zunanjega hrupa. V kolikor so na voljo podatki o opravljenih meritvah ali računska ocena dejanske obremenitve z zunanjim hrupom, imajo le-ti podatki prednost.



Slika 2: Stopnje varstva pred hrupom (vir: Urbinfo)

V danem primeru ni na voljo podatkov o opravljenih meritvah ali računske ocene dejanske obremenitve z zunanjim hrupom, zato se v skladu z Odlokom o občinskem prostorskem načrtu Mestne občine Ljubljana – izvedbeni del in Uredbo o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Ur.l. RS, št. 43/18), obravnavano lokacijo uvrstimo v **III. cono varstva pred hrupom** kjer so mejne dnevne in nočne ravni hrupa podane v tabeli 1.

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

Skladno z 4.členom Pravilnika [1], se preveri zaščita pred:
- zunanjim hrupom (npr. hrupom zaradi prometa, hrupom iz industrijskih objektov),
- hrupom, ki po zraku prihaja iz drugih prostorov,
- udarnim hrupom, ki se iz drugih prostorov prenaša prek konstrukcije,
- hrupom obratovalne opreme in
- odmevnim hrupom.

Preveritve sestav ločilnih elementov se v postopku dokazovanja ustreznosti projektno predvidenih rešitev izvedejo za tiste značilne prostore in konstrukcije, kjer je pričakovati največji prenos zvoka. Vrednosti ravni hrupa, ki v posameznem prostoru obravnavane stavbe (varovani prostor) ne sme biti presežena ter potrebne zvočne izolativnosti ločilnih konstrukcij, so podane v nadaljevanju.

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	**Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} v dB(A)**		
	dan	*večer*	*noč*
Zbornice, kabineti	***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)**
Zbornice, kabineti	**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 objektu se nahajajo prostori (učilnice, delovni kabineti), za katere velja kriterij zaščite pred zunanjim hrupom $L_{Aeq} \leq 35$ dB (A) (dan) in $L_{Aeq} \leq 35$ dB (A) (noč). Glede na to, da objekt spada III. območje, je dovoljena mejna raven hrupa $L_{DVN} \leq 60$ dB (A) in $L_{noč} \leq 50$ dB (A).

Za izračun potrebne minimalne izolirnosti fasade poiščemo prostor, kjer so zahteve najbolj stroge, obenem pa je ločilna površina (fasada/okna/streha) največja v razmerju z volumnom prostora. Potrebno gradbeno zvočno izolirnost fasade izvedemo po SIST EN 12354-3:

$$R'_{45°} = L_{1,s} - L_2 + (10\log\ (S/A)) - 1,5$$

kjer so:

$L_{1,s}$ – povprečna raven zvočnega tlaka na zunanji površini gradbenega elementa dB(A)
L_2 - povprečna raven zvočnega tlaka v sprejemnem prostoru dB(A)
S_f – površina gradbenega elementa m^2
A – ekvivalentna asorpcijska površina v sprejemen prostoru, m^2

V nadaljevanju preverimo raven zunanjega hrupa v tipičnih prostorih, kjer je pričakovana obremenjenost z zunanjim hrupom največja. Kjer se navedena sestava pojavlja večkrat, štejemo, da so sestave ustrezne tudi v vseh drugih primerih kjer se pojavljajo.

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
${}_{\Delta}L_{fs}$ – korekcija zaradi vpliva oblike fasade

5.1. Fasada

Sestava (F1 in F2) je predvidena kot:

0,6cm zaključni sloj	/	/
20cm toplotna izolacija (kamena volna)	/	/
1,25cm fasadna cementna plošča	/	/
nosilna konstrukcija (vmes 10 oz. 15cm toplotna izolacija)	/	/
2,2cm OSB plošča		
parna zapora	/	/
7,5cm inštalacijska ravnina (vmes mineralna izolacija)	/	/
2x1,25cm MK plošča	/	/
Površinska masa stene znaša:		**/ kg/m^2**

Za točno takšno sestavo konstrukcije v literaturi ne najdem ovrednotene zvočne izolirnosti. Najbolj podobna je konstrukcija iz DIN 4109, tabela 39/3, ki navaja R'$_{,w}$ = 42 dB.

5.2. Streha

Sestava strešne konstrukcije objekta (ki omejuje varovane prostore) je predvidena kot:

finalni sloj - folija	/	/
10cm toplotna izolacija – kamena volna	/	/
15cm toplotna izolacija – kamena volna	/	/
parna zapora	/	/
trapezna polnila	/	/
trapezna pločevina na jekleni konstrukciji	/	/
spuščen strop	/	/
Površinska masa stene znaša:		**/**

Za točno takšno sestavo konstrukcije v literaturi ne najdem ovrednotene zvočne izolirnosti. Najbolj podobna je konstrukcija iz DIN 4109, tabela 39/5, ki navaja R'$_{,w}$ = 37 dB.

5.3. Potrebna zvočna izolirnost fasadnega pasu – zbornica 1

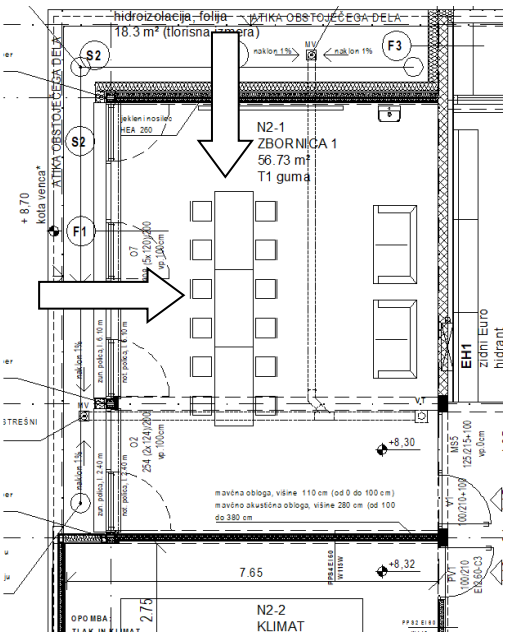
V opazovanje vzamemo prostor N2-1 (zbornica 1) v 2. nadstropju objekta, kjer je, glede na večjo površino zasteklitve, pričakovana največja obremenjenost z zunanjim hrupom. Izvedemo izračun potrebne zvočne izolirnosti fasadnega pasu.

POTREBNA ZVOČNA IZOLIRNOST FASADNEGA PASU (splošen hrup)			
$R'_{45°} = L_{1,S} - L_2 + (10log\ (S/A)) - 1,5$			
	simbol	enota	
Raven zunanjega hrupa:	L_{zun}	(dB)	60
Maksimalna dopustna raven hrupa v sprejemnem prostoru:	L_{not}	(dB)	35
Površina ločilnega elementa:	S	(m^2)	114,9
Ekvivalentna absorpcijska površina sprejemnega prostora:	A	(m^2)	68,0
Korekcijski faktor zaradi spektra hrupa:	F	(dB)	1,5
Zahtevana izolirnost	$R'_{45°}$ =	**(dB)**	**28,8**

Iz izračuna je razvidno, da bo fasadni pas ustrezal, če bo skupna izolirnost vseh elementov ovoja dosegla **najmanj 28,8 dB** izolacije pred hrupom v zraku.

5.3.1. Raven zunanjega hrupa v prostoru

Izvedemo še izračun nivoja hrupa v prostoru N2-1 (zbornica 1) v 2. nadstropju objekta.



V fasadnem ovoju so predvidena okna s trojno termoizolacijsko zasteklitvijo. Za izračun uporabimo zvočno izolirnost oken $R'_{w,okna}+C$ = 28 dB (pri tem imamo v mislih gradbeno zvočno izolirnost vgrajenih oken).

Ker gre za kombinacijo različnih sestav (okna+fasada+streha) izračunamo rezultirajočo zvočno izolirnost fasadnega pasu:

REZULTIRAJOČA ZVOČNA IZOLIRNOST FASADNEGA PASU (fasadni ovoj z okni)			
$R'_w = R_w-10*\log(1+S_0/S_f*((10^{(0,1*R_w)})/(10^{(0,1*R'_w)}-1)$			
	simbol	enota	
Površina oken:	S_1	(m^2)	17,1
Zvočna izolirnost oken:	R'_w+C_{tr}	(dB)	28,0
Površina fasadnega ovoja:	S_2	(m^2)	114,9
Zvočna izolirnost fasadnega ovoja:	R_w	(dB)	38,8
Skupna površina:	S_f	(m^2)	114,9
	$R'_{w,f}$ =	***(dB)***	***34,6***

Predvidena skupna izolirnost elementov ovoja dosega **34,6 dB** izolacije pred hrupom v zraku, kar je več kot potrebnih 28,8 dB.

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

NIVO ZVOKA V PROSTORU (dnevni čas)			
$L_{notri} = L_{zunaj,2m} - R'_{w,f} + 10\log(S_f/A) - {}_{\Delta}Lfs$			
	simbol	enota	
Raven hrupa na zunanji strani (2m):	$L_{zunaj,2m\ (dan)}$	(dB(A))	60
Zvočna izolirnost fasadnega pasu:	$R'_{w,f}$	(dB)	32,6
Površina fasade:	S_f	(m^2)	114,9
Ekvivalentna absorbcijska površina:	A	(m^2)	68,0
Volumen prostora	V	(m^3)	208,7
Korekcija zaradi oblike fasade:	${}_{\Delta}L_{fs}$	(m^2)	0
	L_{notri} =	***(dB)***	***29,7***

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

Izračunamo tudi nivo zvoka za nočni čas v prostoru $L_{noč}$ po enačbi iz poglavja 5.0. Za izračun $L_{noč}$, upoštevam nivo hrupa po Uredbi, 50 dB(A).

NIVO ZVOKA V PROSTORU (nočni čas)			
$L_{notri} = L_{zunaj,2m} - R'_{w,f} + 10\log(S_f/A) - {}_{\Delta}Lfs$			
	simbol	enota	
Raven hrupa na zunanji strani (2m):	$L_{zunaj,2m\ (noč)}$	(dB(A))	50
Zvočna izolirnost fasadnega pasu:	$R'_{w,f}$	(dB)	32,6
Površina fasade:	S_f	(m^2)	114,9
Ekvivalentna absorbcijska površina:	A	(m^2)	68,0
Volumen prostora	V	(m^3)	208,7
Korekcija zaradi oblike fasade:	${}_{\Delta}L_{fs}$	(m^2)	0
	L_{notri} =	***(dB)***	***19,7***

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 oslabitve 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.

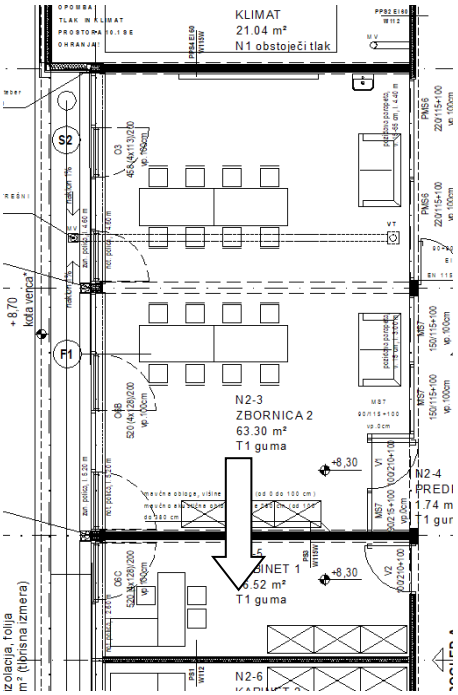
Glede na TSG-1-005:2012, preglednica 9, morajo biti izpolnjene naslednje predpisane zvočne izolirnosti:

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 kabinetoma (preglednica 9, točka 9.2)	$R'_w \geq 48$ dB
Stena med učilnico ali kabinetom in hodnikom, v katero so vgrajena vrata (preglednica 9, točka 9.8)	$R'_w \geq 52$ dB
Stena proti manj hrupni strojnici (preglednica 9, točka 9.10)	$R'_w \geq 57$ dB

V izračunih preverimo ločilne konstrukcije med varovanimi prostori (zbornica, kabineti,…) na naključnih mestih, pri katerih bo obremenjenost s hrupom po pričakovanjih največja. Kjer se pojavljalo enake sestave večkrat, tudi v primerih ko so predpisane različne zvočne izolirnosti, preverimo, ali je zvočna izolativnost zadostna v primeru kjer so zahteve najbolj stroge. V tem primeru nato štejemo, da so sestave ustrezne tudi v vseh drugih primerih kjer se pojavljajo.

6.1. MK stena med zbornico in kabinetom

V opazovanje vzamem MK steno med prostorom N2-3 (zbornica 2) in prostorom N2-5 (kabinet 1) v 2. nadstropju objekta. Predpostavimo, da je prostor N2-5 (kabinet 1) sprejemni prostor.



Sestava konstrukcije (PS3):

2x1,25cm MK plošča	/	/
5cm kovinska podkonstrukcija (vmes mineralna izolacija)	/	/
1,25cm MK plošča (Silentboard)	/	/
5cm kovinska podkonstrukcija (vmes mineralna izolacija)	/	/
2x1,25cm MK plošča	/	/
Površinska masa stene znaša		**77 kg/m²**

Ovrednotena zvočna izolirnost MK konstrukcije pri direktnem prenosu $R_{Dd,W}$ za npr. Knauf W115W (debelina izolacije 2x5cm) povzeto po literaturi Knauf, znaša 72 (-2,-6) dB.

Ovrednotena zvočna izolirnosti konstrukcije pri direktnem prenosu je tako $R_{Dd,W}$ = 70 dB.

Glede na pravilnik oz. smernico preverimo tudi poslabšanje zaradi stranskega prenosa zvoka. Stranske elemente predstavljajo:

- Talna konstrukcija, tip spoja (E.7), dolžina spoja l_f = 5,75 m
- Stropna konstrukcija, tip spoja (F.9), dolžina spoja l_f = 5,75 m
- Fasadna stena, tip spoja (F.9), dolžina spoja l_f = 3,75 m

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

- Talna konstrukcija je 59,2 dB
- Stropna konstrukcija je 48,0 dB
- Fasadna stena je 42,0 dB

VHODNI PODATKI	**ELEMENTI**		**SPOJI**					
	m' (kg/m²)	$R_{Dd,w}$ (dB)	m'_s/m'_f	K_{Ff} (dB)	K_{Fd} (dB)	K_{Df} (dB)	S (m²)	l_f (m)
MK STENA	77,0	70,0					21,56	
TALNA KONSTRUKCIJA (F = f = 1)	570,0	59,2	0,14	19,57	18,69	18,69	0,00	5,75
STROPNA KONSTRUKCIJA (F = f =2)	20,0	48,0	3,85	10,85	15,85	15,85	0,00	5,75
FASADNA STENA (F = f = 3)	30,0	42,0	2,57	9,09	14,09	14,09	0,00	3,75

Glede na izračun po standardu [5], znaša ovrednotena gradbena zvočna izolirnost konstrukcije:

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

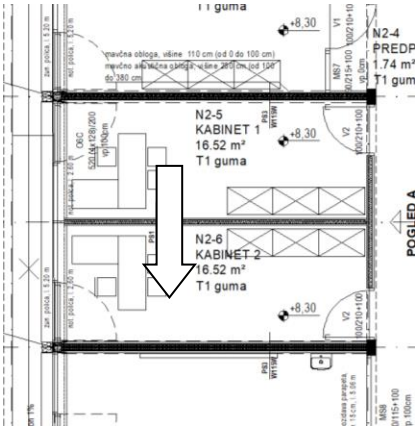
R'<u>w</u> = 57,31 ≈ 57 dB.

Konstrukcija **<u>zadostuje</u>** kriterijem iz TSG-1-005:2012, preglednica 9, točka 9.1, ki znaša

$R'_w \geq 52$ dB.

6.2. MK stena med kabinetoma

V opazovanje vzamem MK steno med prostorom N2-5 (kabinet 1) in prostorom N2-6 (kabinet 2) v mansardi objekta. Predpostavimo, da je prostor N2-6 (kabinet 2) sprejemni prostor.



Sestava konstrukcije (PS1):

2x1,25cm MK plošča	X 900 kg/m^3	22,5 kg/m^2
10cm podkonstrukcija (vmes mineralna volna)	/	/
2x1,25cm MK plošča	X 900 kg/m^3	22,5 kg/m^2
Površinska masa stene znaša		**45 kg/m^2**

Ovrednotena zvočna izolirnost MK konstrukcije pri direktnem prenosu $R_{Dd,W}$ za npr. Knauf W112 (debelina izolacije 10cm) povzeto po literaturi Knauf, znaša 58 (-2,-6) dB.

Ovrednotena zvočna izolirnosti konstrukcije pri direktnem prenosu je tako $R_{Dd,W}$ = 56 dB.

Glede na pravilnik oz. smernico preverimo tudi poslabšanje zaradi stranskega prenosa zvoka. Stranske elemente predstavljajo:

- Talna konstrukcija, tip spoja (E.7), dolžina spoja I_f = 6,59 m
- Stropna konstrukcija, tip spoja (F.9), dolžina spoja I_f = 6,59 m
- Fasadna stena, tip spoja (F.9), dolžina spoja I_f = 3,75 m
- MK stena hodnika, tip spoja (F.9), dolžina spoja I_f = 3,63 m

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

- Talna konstrukcija je 59,2 dB
- Stropna konstrukcija je 48,0 dB
- Fasadna stena je 42,0 dB
- MK stena hodnika je 58,0 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)	l_f (m)
MK STENA	45,0	56,0					24,38	
TALNA KONSTRUKCIJA (F = f = 1)	570,0	59,2	0,08	25,48	21,03	21,03	0,00	6,59
STROPNA KONSTRUKCIJA (F = f =2)	20,0	48,0	2,25	8,52	13,52	13,52	0,00	6,59
FASADNA STENA (F = f = 3)	30,0	42,0	1,50	6,76	11,76	11,76	0,00	3,75
MK STENA HODNIKA (F = f = 4)	45,0	58,0	1,00	3,00	10,00	10,00	0,00	3,63

Glede na izračun po standardu [5], znaša ovrednotena gradbena zvočna izolirnost konstrukcije:

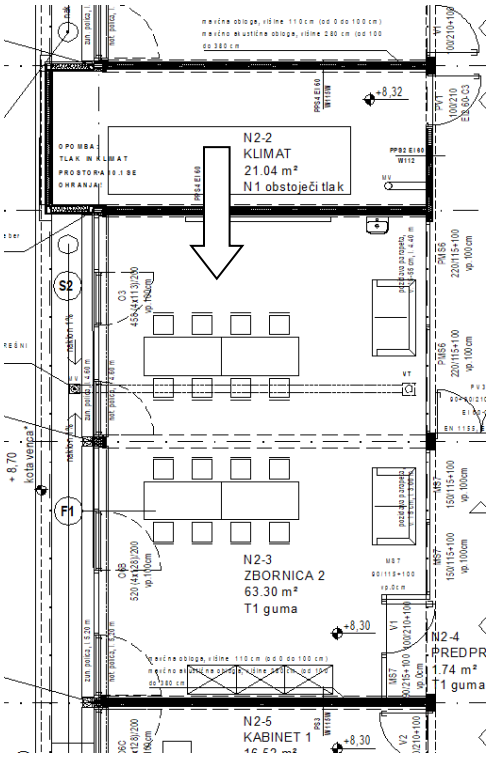
$R'_W = -10\log\left(10^{-R_{Dd,W}/10} + \sum 10^{-R_{Ff,W}/10} + \sum 10^{-R_{Df,W}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,W}/10}\right)$

$R'_W = 52{,}40 \approx 52$ dB.

Konstrukcija **zadostuje** kriterijem iz TSG-1-005:2012, preglednica 9, točka 9.2, ki znaša $R'_w \geq 48$ dB.

6.3. MK stena med zbornico in manj hrupno strojnico

V opazovanje vzamem MK steno med prostorom N2-3 (zbornica 2) in prostorom N2-2 (klimat) v 2. nadstropju objekta. Predpostavimo, da je prostor N2-5 (kabinet 1) sprejemni prostor.



Sestava konstrukcije (PS3):

2x1,25cm MK plošča	/	/
5cm kovinska podkonstrukcija (vmes mineralna izolacija)	/	/
1,25cm MK plošča (Silentboard)	/	/
5cm kovinska podkonstrukcija (vmes mineralna izolacija)	/	/
2x1,25cm MK plošča	/	/
Površinska masa stene znaša		**77 kg/m^2**

Ovrednotena zvočna izolirnost MK konstrukcije pri direktnem prenosu $R_{Dd,W}$ za npr. Knauf W115W (debelina izolacije 2x5cm) povzeto po literaturi Knauf, znaša 72 (-2,-6) dB.

Ovrednotena zvočna izolirnosti konstrukcije pri direktnem prenosu je tako $R_{Dd,W}$ = 70 dB.

Glede na pravilnik oz. smernico preverimo tudi poslabšanje zaradi stranskega prenosa zvoka. Stranske elemente predstavljajo:

- Talna konstrukcija, tip spoja (E.7), dolžina spoja I_f = 6,65 m
- Stropna konstrukcija, tip spoja (F.9), dolžina spoja I_f = 6,65 m
- Fasadna stena, tip spoja (F.9), dolžina spoja I_f = 3,75 m
- MK stena hodnika, tip spoja (F.9), dolžina spoja I_f = 3,63 m

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

- Talna konstrukcija je 59,2 dB
- Stropna konstrukcija je 48,0 dB
- Fasadna stena je 42,0 dB
- MK stena hodnika je 58,0 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	77,0	70,0					24,93	
TALNA KONSTRUKCIJA (F = f = 1)	570,0	59,2	0,14	19,57	18,69	18,69	0,00	6,65
STROPNA KONSTRUKCIJA (F = f =2)	20,0	48,0	3,85	10,85	15,85	15,85	0,00	6,65
FASADNA STENA (F = f = 3)	30,0	42,0	2,57	9,09	14,09	14,09	0,00	3,75
MK STENA HODNIKA (F = f = 4)	45,0	58,0	1,64	0,02	12,33	12,33	0,00	3,63

Glede na izračun po standardu [5], znaša ovrednotena gradbena zvočna izolirnost konstrukcije:

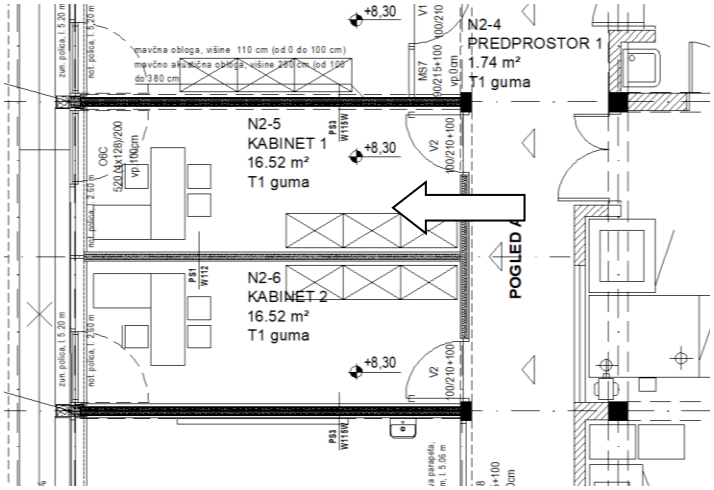
$$R'_W = -10\log\left(10^{-R_{Dd,W}/10} + \sum 10^{-R_{Ff,W}/10} + \sum 10^{-R_{Df,W}/10} + \sum 10^{-R_{Fd,W}/10}\right)$$

***R'W* = 57,20 ≈ 57 dB.**

Konstrukcija **zadostuje** kriterijem iz TSG-1-005:2012, preglednica 9, točka 9.10, ki znaša $R'_w \geq 57$ dB.

6.4. MK stena med kabinetom in hodnikom v katero so vgrajena vrata

V opazovanje vzamem MK steno med prostorom N2-5 (kabinet 1) in skupnim hodnikom v 2. nadstropju objekta. Predpostavimo, da je prostor N2-5 (kabinet 1) sprejemni prostor.



Sestava konstrukcije (PS1):

2x1,25cm MK plošča	X 900 kg/m^3	22,5 kg/m^2
10cm podkonstrukcija (vmes mineralna volna)	/	/
2x1,25cm MK plošča	X 900 kg/m^3	22,5 kg/m^2
Površinska masa stene znaša		**45 kg/m^2**

Ovrednotena zvočna izolirnost MK konstrukcije pri direktnem prenosu $R_{Dd,W}$ za npr. Knauf W112 (debelina izolacije 10cm) povzeto po literaturi Knauf, znaša 58 (-2,-6) dB.

Ovrednotena zvočna izolirnosti konstrukcije pri direktnem prenosu je tako $R_{Dd,W}$ = 56 dB.

Glede na pravilnik oz. smernico preverimo tudi poslabšanje zaradi stranskega prenosa zvoka. Stranske elemente predstavljajo:

- Talna konstrukcija, tip spoja (E.7), dolžina spoja I_f = 2,54 m
- Stropna konstrukcija, tip spoja (F.9), dolžina spoja I_f = 2,54 m
- AB steber, tip spoja (E.7), dolžina spoja I_f = 3,63 m
- MK stena sosednjega kabineta, tip spoja (F.9), dolžina spoja I_f = 3,63 m

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

- Talna konstrukcija je 59,2 dB
- Stropna konstrukcija je 48,0 dB
- AB steber je 57,9 dB
- MK stena sosednjega kabineta je 58,0 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)	l_f (m)
MK STENA	45,0	56,0					9,22	
TALNA KONSTRUKCIJA (F = f = 1)	570,0	59,2	0,08	31,27	23,11	23,11	0,00	2,54
STROPNA KONSTRUKCIJA (F = f =2)	20,0	48,0	2,25	8,52	13,52	13,52	0,00	2,54
AB STEBER (F = f = 3)	490,0	57,9	0,09	23,04	20,10	20,10	0,00	3,63
MK STENA SOSEDNJEGA KABINETA (F = f = 4)	45,0	58,0	1,00	3,00	10,00	10,00	0,00	3,63

Glede na izračun po standardu [5], znaša ovrednotena gradbena zvočna izolirnost konstrukcije:

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

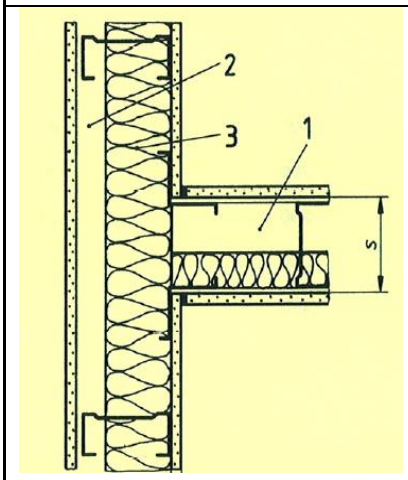
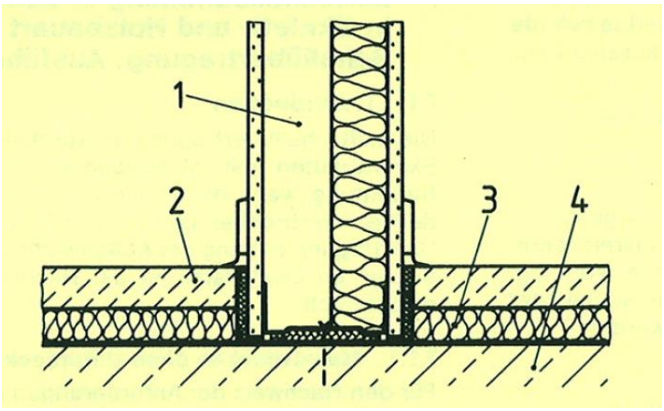
$R'_w = 54,23 \approx 54$ dB.

Konstrukcija **zadostuje** kriterijem iz TSG-1-005:2012, preglednica 9, točka 9.8, ki znaša $R'_w \geq 52$ dB.

6.5. Navodila za izvedbo lahkih predelnih sten

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)
	

Slika: Primer sistemske izvedbe lahkih predelnih sten

STIKI MK STEN NA FASADNI DEL

Zelo pomembna je izdelava stika med MK steno in fasadnim delom na mejah varovanih prostorov, kjer se velikokrat pojavi t.i. zvočni most. Stik mora biti ustrezno zvočno izoliran.

Vsi stiki se morajo izvesti po navodilih in detajlu proizvajalca predelnih MK sten.

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 za preprečevanje prenašanja vibracij (npr. silikonski kit ali ekspandirana guma). Slabo izvedeni preboji ali nezatesnjene odprtine lahko dodobra uničijo ves izolativni učinek!

PREDELNE STENE DO NOSILNE KONSTRUKCIJE

MK predelna stena se mora voditi do nosilne konstrukcije (AB plošča oz. strešna konstrukcija). Še posebej velja, da se MK stena ne konča v višini spuščenega stropa, saj tako nastane t.i. »plenum« - prostor med konstrukcijskim in spuščenim stropom, kjer prihaja do prevoda zvoka v zraku.

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.

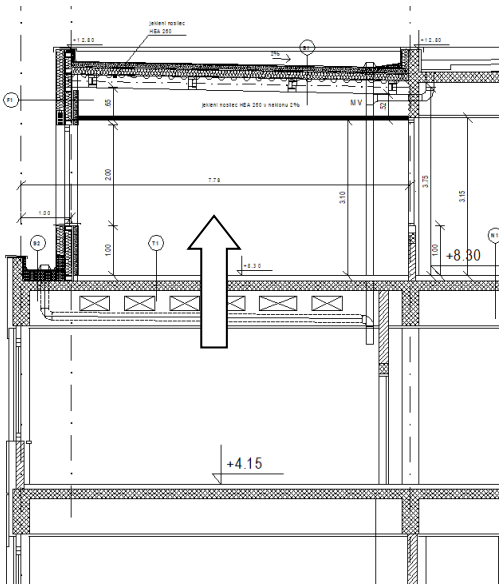
Glede na TSG-1-005:2012, preglednica 9, morajo biti izpolnjene naslednje predpisane zvočne izolirnosti:

Ločilna pregrada	**Izolacija (dB)**
Vse medetažne konstrukcije (preglednica 9, točka 9.12)	$R'_w \geq 52$ dB $L'_{n,w} \leq 58$ dB

V izračunih preverimo zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij in raven zvočnega tlaka udarnega zvoka za vzorčne primere, kjer pričakujemo največjo obremenitev v razmerju s predvideno sestavo. V tem primeru nato štejemo, da so sestave ustrezne tudi v vseh drugih primerih kjer se pojavljajo.

7.1. Medetažna konstrukcija

Medetažna konstrukcija je predvidena kot plavajoči estrih na AB plošči. Obravnavamo medetažno konstrukcijo med prostorom N2-5 (kabinet 1) v mansardi in učilnico pod njim. Predpostavimo, da je prostor N2-5 (kabinet 1) v mansardi sprejemni prostor.



Sestava konstrukcije (T1):

0,3cm PVC guma	/	/
5cm armirani cementni estrih	X 2200 kg/m^3	110 kg/m^2
0,6cm izolacija - udarni zvok (folija iz penjenega polietilena)	/	/
4cm toplotna izolacija	/	/
20cm AB plošča	X 2300 kg/m^3	460 kg/m^2
spuščen strop	/	/
	Površinska masa znaša	**570 kg/m^2**

Ovrednotena zvočna izolirnost nosilne AB plošče pri direktnem prenosu je $R_{s,W}$ = 57,9 (-2,-7) dB (izračunana po standardu [5]), izolirnost pred zvokom v zraku pa je $R_{s,W}$+C = 55,9 dB. Izboljšanje zaradi plavajočega estriha izračunamo po dodatku D [5]. Resonančna frekvenca sistema znaša f_0 = 161,1 Hz, ΔR_W = 1,3 dB.

Skupna ovrednotena zvočna izolirnosti konstrukcije pri direktnem prenosu je $R_{Dd,W}$ = 57,2 dB.

<u>Izolirnost pred zvokom v zraku:</u>

Preverimo še poslabšanje konstrukcije zaradi stranskega prenosa zvoka med prostoroma.
Stranske elemente predstavljajo:

- Fasadna stena,
- Stena proti hodniku,
- Stena sosednjih prostorov.

Bočnih prenosov ne računam posebej, ampak jih glede na obodne bočne konstrukcije ocenjujem na 3 dB.

Ovrednotena gradbena zvočna izolirnost konstrukcije tako znaša:

R'_w = <u>54,2 dB.</u>

Izolirnost pred udarnim zvokom:

Preverimo še izolirnost pred udarnim zvokom.
Vhodni podatki:

- Masa estriha (obloge) m_e': 110 kg/m^2
- Masa plošče m_p': 460 kg/m^2
- Stopnja dinamične togosti toplotne izolacije – poliuretanska pena (min.): s' = 90 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 kg/m^2) dB

  $L_{n,w,eq}$ = 70,8 dB

- Ovrednoteno izboljšanje zvočne izolirnosti zaradi izolacije pred udarnim zvokom plavajočega poda (glede na podatke proizvajalca – Geficell PE TDZ):

  $_{\Delta}L_w$ = 19 dB

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

Ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka:

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

$L'_{n,w}$ = 70,8 – 19,0 + 2

$L'_{n,w}$ = 53,8 dB

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

8. DOLOČITEV IZOLACIJSKIH VREDNOSTI POSAMEZNIH ELEMENTOV

8.1. Okna

Zvočna izolirnost oken, vgrajenih v fasado objekta, uporabljena za izračun v tem elaboratu je **$R'_{w,okna}+C$ = 28 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 **$R_{w,okna}+C \geq 30$ dB**.

8.2. Vrata med kabinetom in hodnikom

Zvočna izolirnost vrat med zbornico ali kabinetom in hodnikom, mora biti min. **R'_w = 37 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 5 dB večja od zvočne izolirnosti, ki je predpisana na zgradbi in zagotoviti strokovno vgradnjo. To pomeni, da mora znašati laboratorijska meritev vhodnih vrat v stanovanja min. **$R_w \geq 42$ dB.**

Zahteve za izvedbo:
Montaža stavbnega pohištva se mora izvesti po sistemu RAL.

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).

8.3. Polietilenska folija (stopnja dinamične togosti izolacije)

Polietilenska folija, katera se bo polagala na tla medetažnih konstrukcij za izolacijo proti udarnemu zvoku na hodnikih, mora imeti minimalno stopnjo dinamične togosti: **s' = 90 MN/m³.**

9. HRUP OBRATOVALNE OPREME

9.1. Vodovodne instalacije in kanalizacijski odvodi

Zahteva, da ni presežen nivo hrupa **$L_{AF,max}$ ≤ 40 dB (A)** (zbornice, kabineti,…) zaradi uporabe instalacijskega sistema bo izpolnjena, če bodo vgrajene ustrezne iztočne pipe, kolena in mehka pritrditev instalacijskih cevi.

9.2. Ogrevanje in hlajenje

Nadzidani del bo ogrevan v sklopu ogrevanja (plin) obstoječega objekta, predvideni so novi radiatorji. Obstoječi objekt se ogreva etažno na plin. Potrebno je poskrbeti, da zaradi uporabe instalacijskega sistema ne bo presežen nivo hrupa **$L_{AF,max}$ ≤ 40 dB (A)** (zbornice, kabineti,..).

9.3. Prezračevanje

Objekt bo prisilno prezračevan, zato je potrebno sistem ustrezno projektirati (dušilniki, izolacija kanalov, spoji kanalov, šobe,…), da nivo hrupa ne preseže mejne vrednosti **$L_{AF,max}$ ≤ 40 dB (A)** (učilnice, delovni kabineti). 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.

Neposredno ob prostorih zbornice 1 in 2, je predvidena strojnica z prezračevalno napravo. Za potrebe preprečitve prenašanja izsevanega hrupa (ki je posledica prenosa po konstrukcijah) je potrebno upoštevati naslednje:

- Montaža opreme se izvede na samostojne plavajoče temelje (masa plošče mora presegati maso opreme) na antivibracijske podstavke,
- Izvedejo se elastični vezni elementi (fleksibilne povezave) med opremo in inštalacijskim vodom,
- Ovijanje vodov z ustrezno izolacijsko dušilnim materialom.
- Izvede se elastično obešanje in vpenjanje cevovodov in kanalov na nosilne stene, stebre ipd.

Opomba:
Pri montaži opreme na antivibracijske podstavke je potrebno upoštevati njihove tehnične karakteristike (maso, frekvence vibracij, itd…). Ukrepi, ki so potrebni za preprečitev prenosa udarnega zvoka na konstrukcije stavbe, morajo biti ustrezno rešeni in opisani v projektu strojnih inštalacij.

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, avle, 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.

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

$$_{\Delta}L=10 \times \log T1/T2$$

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]

Odmevni čas skrajšamo oz. prilagodimo optimalni vrednosti s povečanjem absorpcije zvoka v prostoru (strop, stena, tla,…), tj. z namestitvijo materialov ali konstrukcij, ki imajo velik koeficient absorpcije zvoka **α.** Koeficienti absorbcije **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.

Za potrebe akustične ureditve prostorov, je potrebno najprej določiti okvirne priporočene vrednosti odmevnega časa. Ker slovenski predpis za prostorsko akustiko ne obstaja, TSG-1-005:2012 pa v našem primeru določa optimalne vrednosti odmevnega časa samo za prostore kot npr. učilnica, optimalne vrednosti odmevnega časa povzamemo po standardu DIN 18041 ter drugih tujih smernicah, kjer odmevni časi znašajo:

- Kabineti: 0,6 do 1,0 s,
- Sejne sobe: 0,6 do 0,8 s.

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. absorbcijske lastnosti akustičnih oblog.
3. Določiti min. površino akustičnih oblog, potrebnih za namestitev v posamezen prostor.

Lokacija in minimalna površina akustičnih oblog je navedena pod vsakim posameznim prostorom. Za akustično ureditev prostorov, so predvideni naslednji tipi zvočno absorpcijskih oblog:

- Akustični MK strop razreda D z naslednjimi absorpcijskimi lastnostmi:

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

oz. ekvivalentno z: α_w **= 0,50** (razred D)

(kot npr. Knauf Cleaneo Akustik 6/18 R + mineralna volna – globina konstrukcija 400 mm)

- Akustična stenska obloga razreda C z naslednjimi absorpcijskimi lastnostmi:

F(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,75	0,70	0,70	0,70	0,75	0,90

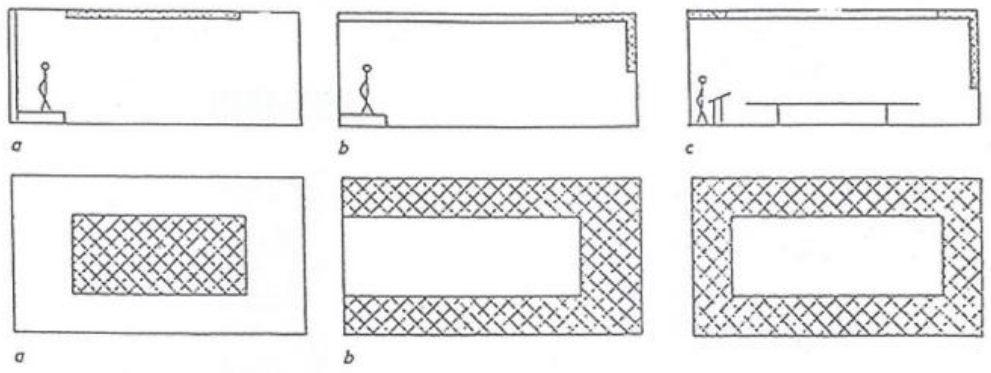
oz. ekvivalentno z: α_w **= 0,75** (razred A)

(kot npr. Knauf Cleaneo Akustik-Wandsysteme 8/18 R)

Priporočila za montažo akustičnih oblog

Zvok prihaja od vira do poslušalca neposredno in prek odbojev od mejnih površin prostora. Razumljivost govora je v veliki meri odvisna tudi od odbojev zvoka ki jih ločimo na zgodnji odboj (so koristni in izboljšajo razumljivost govora) ter zapozneli odboj (negativno vplivajo na razumljivost in jih zaznamo kot jek ali utripajoči jek).

Na ustrezno razumljivost govora lahko vplivamo tudi s primerno razporeditvijo zvočno absorbcijskih materialov. Na spodnji risbi so ponazorjeni neprimerna (a) in primerna (b, c) namestitev zvočno absorbcijskih materialov v majhnih in srednje velikih prostorih kot npr.: pisarne, sejne sobe, dvorane,…itd. V fazi izvedbe, skušamo za zagotovitev ustrezne akustike prostora prikazane primerne razporeditve čim bolj slediti.



10.1.1. Zbornica

V opazovanje vzamemo tipično zbornico v 2. nadstropju, in sicer prostor N2-3 (zbornica 2). Preverimo vpliv, ki ga ima na zmanjšanje ravni hrupa v prostoru namestitev učinkovitih absorberjev zvoka v prostoru.

Odmevni čas:
Optimalni odmevni čas v polno zasedeni zbornici (glede na njeno prostornino – 189,90 m^3) je:

$T_{opt.}$ = 0,56 s.

Izračunan odmevni čas v zbornici, ki ni akustično obdelana, znaša: **T_1=2,19 s.**

Opravimo grob izračun odmevnega časa (po metodi Sabine) v akustično obdelani zbornici:

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													
Guma	52,10	0,02	1,04	0,02	1,04	0,04	2,08	0,05	2,61	0,05	2,61	0,10	5,21
Tla s sedeži (zasedena	11,20	0,30	3,36	0,35	3,92	0,50	5,60	0,60	6,72	0,60	6,72	0,60	6,72
STROP													
AKU strop	63,30	0,40	25,32	0,45	28,49	0,45	28,49	0,50	31,65	0,45	28,49	0,50	31,65
STENE													
MK stene	47,10	0,02	0,94	0,02	0,94	0,03	1,41	0,04	1,88	0,04	1,88	0,03	1,41
Okna	20,00	0,10	2,00	0,07	1,40	0,04	0,80	0,03	0,60	0,02	0,40	0,02	0,40
Zasteklitev	32,70	0,10	3,27	0,07	2,29	0,04	1,31	0,03	0,98	0,02	0,65	0,02	0,65
AKU stenska obloga	15,96	0,75	11,97	0,70	11,17	0,70	11,17	0,70	11,17	0,75	11,97	0,90	14,36
DRUGO													
Lesena oprema	11,20	0,12	1,34	0,18	2,02	0,28	3,14	0,30	3,36	0,32	3,58	0,37	4,14
Vsota površin (m2)	253,56	∑A	49,25	∑A	51,27	∑A	54,00	∑A	58,97	∑A	56,30	∑A	64,56
Volumen prostora [m³]	189,90												
Srednji koeficient absorbcije		**0,18**		**0,19**		**0,21**		**0,23**		**0,23**		**0,25**	
Odmevni čas [s]		**0,63**		**0,60**		**0,57**		**0,52**		**0,55**		**0,48**	
Srednji odmevni čas (s)		**0,56**											

Sedaj lahko izračunamo zmanjšanje ravni hrupa v prostoru zaradi namestitve učinkovitih absorberjev zvoka:

$_{\Delta}L=10 \times \log T_1/T_2$
$_{\Delta}L=10 \times \log 2,19/0,56$

$_{\Delta}L$= 5,91 dB

Izračunamo, da bo raven hrupa zaradi uporabe absorpcijskega materiala, znižana za **5,91 dB**.

Za ustrezno akustično ureditev, je potrebno namestiti naslednje površine akustičnih oblog:
- na stropu: 63 m^2 oz. 100 % akustičnih stropnih oblog tipa D;
- na zadnji steni: 16,0 m^2 akustičnih stenskih oblog (na zadnji strani) tipa C.

**Dokončno razporeditev oblog določi arhitekt oz. projektant notranje ureditve, pri tem je odstopanje od navedenih površin lahko največ ± 10%.*

10.1.2. Kabinet

V opazovanje vzamemo prostor N2-5 (kabinet 1). Preverimo vpliv, ki ga ima na zmanjšanje ravni hrupa v prostoru namestitev učinkovitih absorberjev zvoka v prostoru.

Odmevni čas:
Optimalna vrednost odmevnega časa za kabinet želimo da znaša:
$T_{opt.}$=0,6 – 1,0 s.

Izračunan odmevni čas v kabinetu, ki ni akustično obdelan, znaša: **T_1=1,45 s.**

Opravimo grob izračun odmevnega časa (po metodi Sabine) v akustično obdelanem kabinetu:

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													
Guma	16,52	0,02	0,33	0,02	0,33	0,04	0,66	0,05	0,83	0,05	0,83	0,10	1,65
STROP													
AKU strop	16,52	0,40	6,61	0,45	7,43	0,45	7,43	0,50	8,26	0,45	7,43	0,50	8,26
STENE													
MK stene	47,70	0,02	0,95	0,02	0,95	0,03	1,43	0,04	1,91	0,04	1,91	0,03	1,43
Okna	5,00	0,10	0,50	0,07	0,35	0,04	0,20	0,03	0,15	0,02	0,10	0,02	0,10
Vrata	2,10	0,14	0,29	0,10	0,21	0,06	0,13	0,08	0,17	0,10	0,21	0,10	0,21
DRUGO													
Lesena oprema	6,90	0,12	0,83	0,18	1,24	0,28	1,93	0,30	2,07	0,32	2,21	0,37	2,55
Vsota površin (m2)	94,74	∑A	9,51	∑A	10,52	∑A	11,78	∑A	13,38	∑A	12,69	∑A	14,21
Volumen prostora [m³]	49,56												
Srednji koeficient absorbcije		**0,08**		**0,08**		**0,09**		**0,10**		**0,10**		**0,11**	
Odmevni čas [s]		**0,85**		**0,77**		**0,69**		**0,60**		**0,64**		**0,57**	
Srednji odmevni čas (s)		**0,69**											

Sedaj lahko izračunamo zmanjšanje ravni hrupa v prostoru zaradi namestitve učinkovitih absorberjev zvoka:

$_{\Delta}L=10 \times \log T_1/T_2$
$_{\Delta}L=10 \times \log 1,45/0,69$

$_{\Delta}L$= 3,25 dB

Izračunamo, da bo raven hrupa zaradi uporabe absorpcijskega materiala, znižana za **3,25 dB**.

Za ustrezno akustično ureditev, je potrebno namestiti naslednje površine akustičnih oblog:
- na stropu: 16 m² oz. 100 % akustičnih stropnih oblog tipa D;

**Dokončno razporeditev oblog določi arhitekt oz. projektant notranje ureditve, pri tem je odstopanje od navedenih površin lahko največ ± 10%.*

10.1.3. Sejna soba

V opazovanje vzamemo prostor N2-9 (sejna soba 1). Preverimo vpliv, ki ga ima na zmanjšanje ravni hrupa v prostoru namestitev učinkovitih absorberjev zvoka v prostoru.

Odmevni čas:
Optimalna vrednost odmevnega časa za sejno sobo želimo da znaša:
$T_{opt.}$=0,6 – 0,8 s.

Izračunan odmevni čas v sejni sobi, ki ni akustično obdelana, znaša: **T_1=2,10 s.**

Opravimo grob izračun odmevnega časa (po metodi Sabine) v akustično obdelani sejni sobi:

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													
Guma	51,34	0,02	1,03	0,02	1,03	0,04	2,05	0,05	2,57	0,05	2,57	0,10	5,13
STROP													
AKU strop	51,34	0,40	20,54	0,45	23,10	0,45	23,10	0,50	25,67	0,45	23,10	0,50	25,67
STENE													
MK stene	31,50	0,02	0,63	0,02	0,63	0,03	0,95	0,04	1,26	0,04	1,26	0,03	0,95
Okna	15,10	0,10	1,51	0,07	1,06	0,04	0,60	0,03	0,45	0,02	0,30	0,02	0,30
Zasteklitev	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
AKU stenska obloga	11,91	0,75	8,93	0,70	8,34	0,70	8,34	0,70	8,34	0,75	8,93	0,90	10,72
DRUGO													
Lesena oprema	11,20	0,12	1,34	0,18	2,02	0,28	3,14	0,30	3,36	0,32	3,58	0,37	4,14
Vsota površin (m2)	194,29	∑A	36,17	∑A	37,70	∑A	39,05	∑A	42,30	∑A	40,19	∑A	47,35
Volumen prostora [m³]	154,02												
Srednji koeficient absorbcije		**0,15**		**0,15**		**0,16**		**0,17**		**0,17**		**0,19**	
Odmevni čas [s]		**0,69**		**0,67**		**0,64**		**0,59**		**0,62**		**0,53**	
Srednji odmevni čas (s)		**0,63**											

Sedaj lahko izračunamo zmanjšanje ravni hrupa v prostoru zaradi namestitve učinkovitih absorberjev zvoka:

$_{\Delta}L=10 \times \log T_1/T_2$
$_{\Delta}L=10 \times \log 2,10/0,63$

$_{\Delta}L$= 5,26 dB

Izračunamo, da bo raven hrupa zaradi uporabe absorpcijskega materiala, znižana za **5,26 dB**.

Za ustrezno akustično ureditev, je potrebno namestiti naslednje površine akustičnih oblog:
- na stropu: 51 m² oz. 100 % akustičnih stropnih oblog tipa D;
- na zadnji steni: 12,0 m² akustičnih stenskih oblog (na zadnji strani) tipa C.

**Dokončno razporeditev oblog določi arhitekt oz. projektant notranje ureditve, pri tem je odstopanje od navedenih površin lahko največ ± 10%.*

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 NAREDITI 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.

Ekološki in Varstveni Inženiring, d.o.o. EKOsystem 4 Maribor, Špelina ulica 1

marec 2024