

## ELABORAT PROSTORSKE AKUSTIKE

**PREDLOG AKUSTIČNE UREDITVE**

naziv stavbe:	<b>DSO Jezerca Bovec</b>
lokacija stavbe:	parc. št. 954, 955, 956, 957/1, 982, 983/2 in 991/4, vse k.o. Bovec
investitor:	Občina Bovec Trg golobarskih žrtev 8, 5230 Bovec
naročnik:	PROJEKT d.d. NOVA GORICA Kidričeva 9a, 5000 Nova Gorica
odgovorni vodja projekta:	Teja Savelli, univ. dipl. inž. arh. ZAPS 1389
vrsta projektne dokumentacije:	PZI
izdelovalec elaborata:	Nika Šubic, mag. inž. grad.
številka elaborata:	NP-016-11/21
izvod:	<i>Elektronski izvod</i>
datum izdelave elaborata:	januar 2022



# Vsebina

<b>1. Izhodišča.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Ciljne akustične lastnosti prostorov .....</b>	<b>2</b>
2.1. Odmevni čas .....	2
Delovna terapija, fizioterapija .....	4
Sejna soba, prostori za zaposlene .....	5
Jedilnica .....	5
Večnamenski prostori .....	5
2.2. Drugi akustični parametri .....	5
<b>3. Delovna terapija, fizioterapija .....</b>	<b>6</b>
3.1. Zasnova prostorov .....	6
3.2. Vrednosti odmevnega časa .....	7
<b>4. Sejna soba, prostori za zaposlene .....</b>	<b>9</b>
4.1. Zasnova prostora.....	9
4.2. Vrednosti odmevnega časa .....	10
<b>5. Jedilnica.....</b>	<b>11</b>
5.1. Zasnova prostora.....	11
5.2. Vrednosti odmevnega časa .....	12
<b>6. Večnamenski prostori.....</b>	<b>13</b>
6.1. Zasnova prostora.....	13
6.2. Vrednosti odmevnega časa .....	14
<b>7. Preostali prostori .....</b>	<b>15</b>
7.1. Bivalne enote.....	15
7.2. Kuhinja.....	16
7.3. Komunikacije, avla .....	16
7.4. Tehnični prostori.....	16
<b>8. Predlagana akustična ureditev .....</b>	<b>16</b>
8.1. Opis predvidenih akustičnih elementov (rešitev) .....	16
Akustičen spuščeni strop (tip 1) – fizioterapija in delovna terapija .....	16
Akustičen spuščeni strop (tip 2) – jedilnica in kuhinja .....	17
Akustičen spuščeni strop (tip 3) – prostori za zaposlene, ambulate, poslovni prostori .....	18
Akustičen spuščeni strop (tip 4) – komunikacije, tehnični prostori .....	18
Akustičen spuščeni strop (tip 5) –večnamenski prostori.....	18
8.2. Umestitev akustičnih elementov .....	19
<b>9. Literatura.....</b>	<b>23</b>

# 1. Izhodišča

Predlog akustične ureditve obravnava prostore objekta DSO Jezerca Bovec v katerih je ustrezna prostorska akustika in zaščita pred odmevnim hrupom ključna, torej predvsem skupne prostore kot je jedilnica, prostor za fizioterapijo in delovno terapijo ter večnamenske prostore. Predlog upošteva strokovna dognanja s področja arhitekturne akustike in temelji na računskih postopkih, ki so v stroki ustaljeni. Predlagane rešitve so celovite in zagotovo dosežejo svoj namen samo, če so izvedene skladno z danimi navodili. Nikakršnega zagotovila ni, da bi s parcialno izvedbo lahko dosegli ustrezno prostorsko akustiko, zato je ob odstopanjih pri izvedbi potrebna ponovna strokovna ocena planiranih posegov.

Podlaga za izdelavo elaborata so posredovani načrti in druge informacije o objektu. Pravilnost predlaganih rešitev je pogojena s pravilnostjo predpostavk in verodostojnostjo posredovanih informacij. Za površine v prostorih, ki jih elaborat eksplicitno ne obravnava predpostavljamo, da bodo izvedene skladno s projektom. V nasprotnem primeru je potrebna ponovna strokovna ocena planiranih posegov.

Akustična zasnova upošteva specifične zahteve oskrbovancev, pri katerih so okvare sluha karakteristične in je ustrezno slušno okolje ter obvladovanje prekomernega hrupa ključno za ustvarjanje udobnega bivalnega okolja.

## 2. Ciljne akustične lastnosti prostorov

Prostori objekta DSO Jezerca Bovec so namenjeni bivanju oskrbovancev, skupinskim aktivnostim in terapijam ter podpornim dejavnostim. Z akustično zasnovo prostorov predvsem stremimo k obvladovanju odmevnega hrupa v le-teh. To dosežemo z vnosom absorpcijske površine v zadostnem obsegu, ki so ustrezno razporejene po prostoru. Poleg tega je pomembno, da je hrup obratovalne opreme čim nižji.

### 2.1. Odmevni čas

Odmevni čas je osrednji akustični parameter prostora, ki v veliki meri definira akustično klimo prostora, saj vpliva na raven zvočnega tlaka v prostoru, jasnost zvoka, dojetje velikosti in oblike prostora, pojav odmeva, obarvanost zvoka, dojetje izvora zvoka...

Odmevni čas izračunamo po Sabinovi (1) ter Eyring-Norrisovi (2) enačbi po frekvenčnih pasovih:

$$T_{60,S} = \frac{0,163 * V}{A + (4mV)} \quad (1)$$

$$T_{60,Ey} = \frac{0,163 * V}{-S * \ln(1 - \bar{\alpha}) + (4mV)} \quad (2)$$

kjer velja:

$T_{60,S}$  ... odmevni čas izračunan po Sabinovi enačbi [s]

$T_{60,Ey}$  ... odmevni čas izračunan po Eyring-Norrisovi enačbi [s]

$V$  ... volumen prostora [ $m^3$ ]

$A$  ... ekvivalentna absorpcijska površina prostora [ $m^2$ ]

$S$  ... skupne površine v prostoru [ $m^2$ ]

$\bar{\alpha}$  ... povprečni koeficient absorpcije vseh površin v prostoru

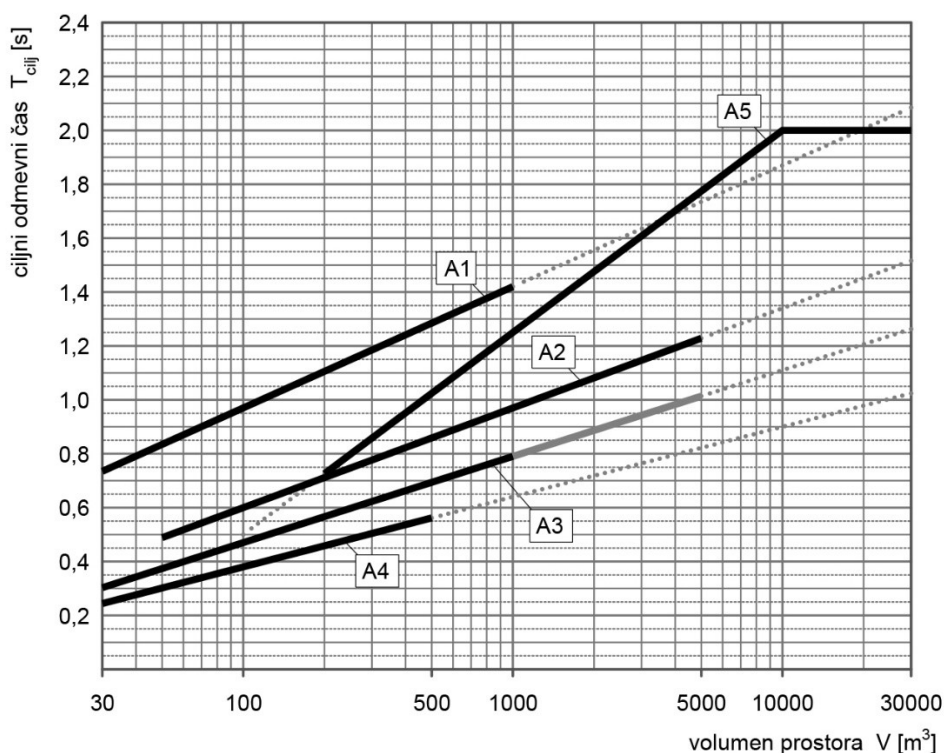
$m$  ... koeficient zvočne atenuacije v zraku [ $m^{-1}$ ]

Ekvivalentna absorpcijska površina prostora predstavlja skupno absorpcijo v prostoru:

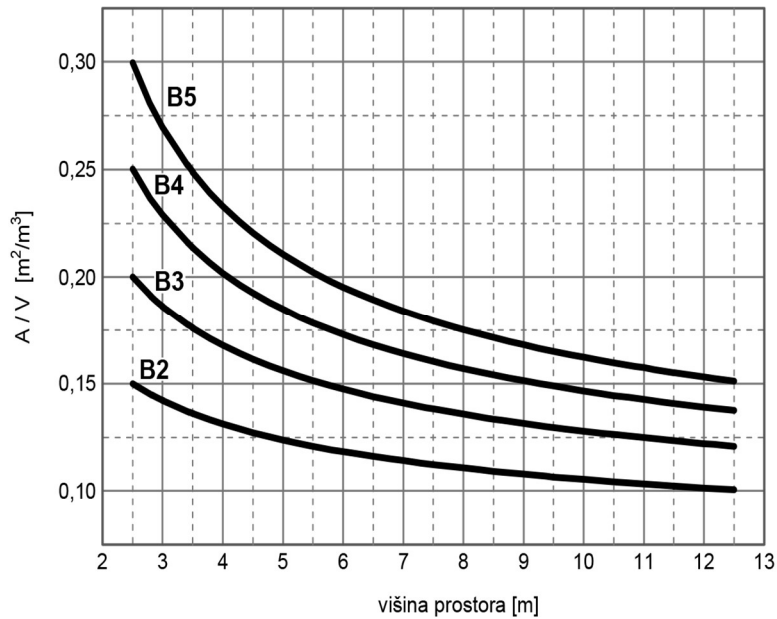
$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_{n,i} * S_n \quad (3)$$

kjer vsota teče po vseh obodnih površinah prostora. Pri tem je  $\alpha_{n,i}$  koeficient absorpcije v  $i$ -tem frekvenčnem pasu  $n$ -tega obodnega elementa, ki mu pripada kvadratura  $S_n$ .

V obravnavanih prostorih težimo k omejevanju odmevnega časa z namenom zmanjševanja odmevnega hrupa, pri čemer upoštevamo, da so uporabniki prostorov starejši občani, pri katerih so značilne okvare sluha. Priporočeno vrednost odmevnega časa določimo ob upoštevanju namembnosti in volumna prostora, na podlagi standarda DIN 18041:2019 [1], ki definira ciljno vrednost odmevnega časa (prostori tipa A – slika 1) oziroma razmerje med ekvivalentno absorpcijsko površino ter volumnom prostora (prostori tipa B - slika 2).

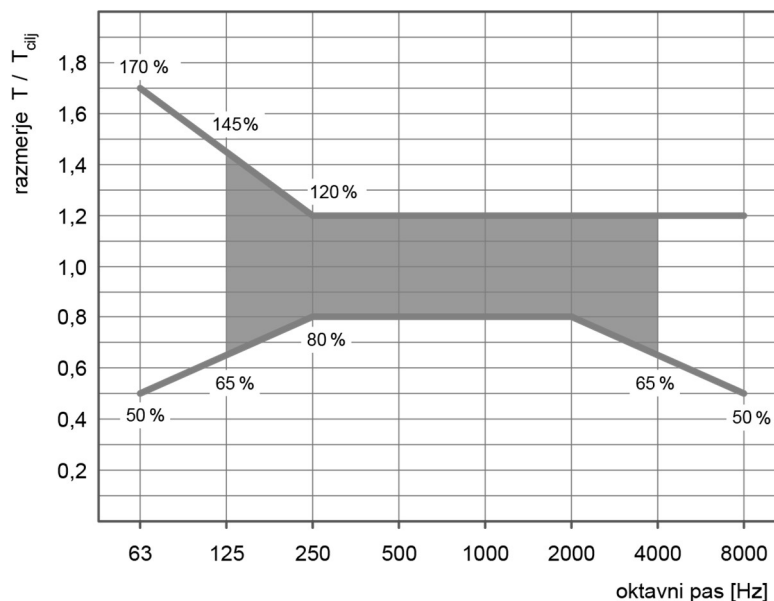


Slika 1: Graf priporočenih vrednosti odmevnega časa prostora glede na njegovo namembnost in volumen po standardu DIN 18041. Krivulje A1, A2, A3, A4, A5 predstavljajo različne namembnosti prostorov, in sicer: A1 – glasba; A2 – govor, predavanje; A3 – pouk; pogovor, A4 – pouk, pogovor (vključujoč) in A5 – šport.



Slika 2: Graf priporočenega razmerja med absorpcijsko površino A in volumnom prostora V glede na višino prostora po standardu DIN 18041. Krivulje B2, B3, B4, B5 predstavljajo različne namembnosti prostorov.

Glede na namembnost je določeno tudi tolerančno območje odmevnega časa kot odstopanje od ciljne vrednosti preko oktavnih pasov, in sicer za prostore tipa A1-A4 skladno z grafom na sliki 3, v prostorih tipa A5 in tipa B pa je z enačbami standarda navzgor omejeno razmerje med ekvivalentno absorpcijsko površino (A) in volumnom prostora (V) v oktavnih pasovih od 250 Hz do 2000 Hz.



Slika 3: Tolerančno območje odmevnega časa kot relativno dopustno odstopanje od priporočene vrednosti skladno s standardom DIN 18041 za prostore tipa A.

### Delovna terapija, fizioterapija

Upoštevajoč namembnost prostorov in specifične zahteve uporabnikov prostora ciljne vrednosti odmevnega časa v prostorih za delovno terapijo in fizioterapijo definiramo z enačbo (4) iz standarda

DIN 18041:2019 [1] (glej tudi graf na sliki 1 - namembnost A4), ki velja za namembnost pogovor/predavanja - vključujoč uporabnike z okvaro sluha.

$$T_{terapija} = \left(0,26 \log_{10} \left(\frac{V}{m^3}\right) - 0,14\right) s \quad (4)$$

### Sejna soba, prostori za zaposlene

Ciljne vrednosti odmevnega časa v prostorih za zaposlene namenjenem govornim nastopom oziroma pogovoru definiramo z enačbo (5) standarda DIN 18041:2019 [1] (glej tudi graf na sliki 1 - namembnost A2), ki velja za namembnost govor/predavanja.

$$T_{govor} = \left(0,37 \log_{10} \left(\frac{V}{m^3}\right) - 0,14\right) s \quad (5)$$

### Jedilnica

V primeru jedilnice in večnamenskih prostorov, kjer je predvideno daljše zadrževanje oskrbovancev je smiselna uporaba enačbe (6) iz standarda DIN 18041:2019 [1] (glej tudi graf na sliki 2 - namembnost B5), s katero je določeno razmerje med ekvivalentno absorpcijsko površino ( $A$ ) in volumnom prostora ( $V$ ) v odvisnosti od višine prostora ( $h$ ):

$$A/V \geq 0,30; \quad h < 2,5 \text{ m} \quad (6)$$

$$A/V \geq \left[1,47 + 4,69 * \log\left(h/1 \text{ m}\right)\right]^{-1}; \quad h \geq 2,5 \text{ m}$$

### Večnamenski prostori

V primeru večnamenskih skupnih prostorov (dnevni prostori), v kateri se uporabniki predvidoma zadržujejo dlje časa je smiselna uporaba enačbe (7) iz standarda DIN 18041 [1] (namembnost B3), s katero je določeno razmerje med ekvivalentno absorpcijsko površino ( $A$ ) in volumnom prostora ( $V$ ) v odvisnosti od višine prostora ( $h$ ):

$$A/V \geq 0,20; \quad h < 2,5 \text{ m} \quad (7)$$

$$A/V \geq \left[3,13 + 4,69 * \log\left(h/1 \text{ m}\right)\right]^{-1}; \quad h \geq 2,5 \text{ m}$$

## 2.2. Drugi akustični parametri

Visoke vrednosti hrupa ozadja predstavljajo moteč faktor in neugodno vplivajo na razumljivost govora v prostoru predvsem pri poslušalcih z okvaro sluha. Zato je pomembno, da se hrup ozadja v prostorih tem bolj omeji: pomembna je ustrezna zaščita proti zunanjemu hrupu, hrupu iz drugih prostorov objekta ter hrupu obratovalne opreme – predvsem prezračevanja. Tehnična smernica TSG-1-005:2012, *Zaščita pred hrupom v stavbah* [3] definira najvišjo raven hrupa ki ga v posameznih varovanih prostorih stavbe povzroča obratovalna oprema pri 30 dB(A), zato je potrebno zagotoviti, da hrup prezračevanja ne preseže predpisane vrednosti. Principi omejevanje širjenja hrupa znotraj objekta so natančneje opisani v *Elaboratu zaščite pred hrupom v stavbah*.

### 3. Delovna terapija, fizioterapija

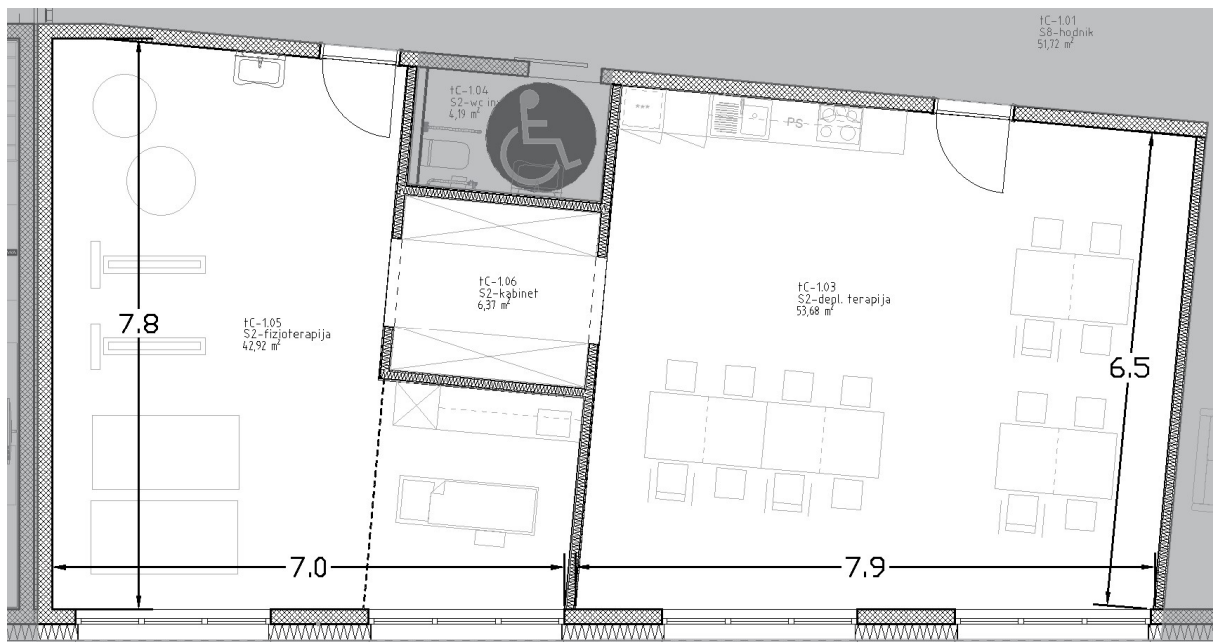
Prostora za delovno terapijo in fizioterapijo sta namenjena vodenim aktivnostim posameznikov ali manjših skupin oskrbovancev, zato je z akustično zasnovo smiselno doseči relativno suh prostor (nizek odmevni čas), ki kljub temu omogoča ustrezen prenos govora. Pri tem je pomembno, da je absorpcijska površina čim bolj enakomerno razporejena po prostoru, saj je uporaba obeh prostorov možna sočasno za več skupin uporabnikov.

#### 3.1. Zasnova prostorov

Prostora se nahajata v osrednjem delu objekta v 1. nadstropju in sta med seboj povezana s skupnim kabinetom.

Prostor za delovno terapijo (slika 4 - desno) je tlorisne površine 53,7 m<sup>2</sup>, s svetlo višino stropa 3 m, volumen prostora je tako cca. 161 m<sup>3</sup>. Tlak je predviden kot PVC, strop pa bo izveden kot spuščeni strop z akustično funkcijo. Stene so armirano betonske ali suhomontažne in obdelane s finalnim ometom, fasadna stena je deloma zastekljena. Prostor je opremljen z omarami, stoli in mizami.

Prostor za fizioterapijo (slika 4 - levo) je tlorisne površine 42,9 m<sup>2</sup>, s svetlo višino stropa 3 m, volumen prostora je tako cca. 129 m<sup>3</sup>. Tlak je prav tako predviden kot PVC, strop bo izveden kot spuščeni strop z akustično funkcijo. Stene so armirano betonske ali suhomontažne in obdelane s finalnim ometom, fasadna stena je deloma zastekljena. Prostor je opremljen s športnimi pripomočki.



Slika 4: Tloris prostora za fizioterapijo (levo) in delovno terapijo (desno), mere so v metrih.

### 3.2. Vrednosti odmevnega časa

Enačba (4) definira priporočen odmevni čas za predvideno namembnost v odvisnosti od volumna prostorov:

$$T_{delovna\ terapija} = \left(0,26 \log_{10} \left(\frac{V}{m^3}\right) - 0,14\right) s = 0,43 s$$

$$T_{fizioterapija} = \left(0,26 \log_{10} \left(\frac{V}{m^3}\right) - 0,14\right) s = 0,41 s$$

Poleg same vrednosti odmevnega časa bomo zasledovali tudi njegov ustrezen frekvenčni potek, in sicer skladno z grafom na sliki 3.

Odmevni čas izračunamo na podlagi vrednosti koeficienta absorpcije  $\alpha$  obodnih površin prostora, ki so podane v tabeli 1 za prostor delovne terapije in v tabeli 2 za prostor fizioterapije. V kolikor za predviden material niso na voljo podatki laboratorijskih meritev, smo te vzeli iz strokovne literature (glej npr. [2]).

Tabela 1: Vrednosti koeficientov absorpcije  $\alpha$ , ki so uporabljeni v izračunih odmevnega časa skupaj s kvadraturami obodnih površin – delovna terapija.

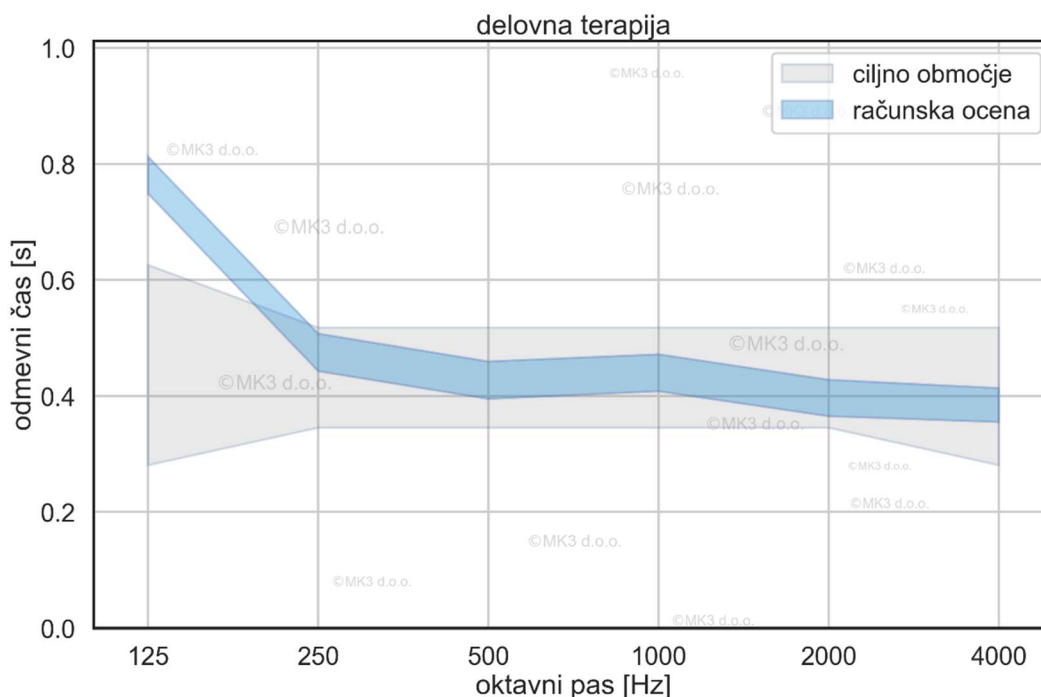
Material	S [m <sup>2</sup> ]	$\alpha$ v oktavnih pasovih [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
finalni tlak, PVC	53,7	0,02	0,04	0,05	0,05	0,10	0,05
spuščen strop, luči	5,4	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
suhomontažne stene	41,1	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
zasteklitve	14,1	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
ometane stene	31,1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
vrata	2,1	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
akustični spuščeni strop	48,3	0,45	0,85	0,95	0,90	0,95	1,00
oprema-mize, stoli	6*	0,15	0,19	0,22	0,39	0,38	0,30
ljudje	5*	0,23	0,37	0,44	0,45	0,45	0,45

\* št. opreme/št. ljudi - ob predpostavki 1 osebe/m<sup>2</sup> oziroma 1 mize/m<sup>2</sup>

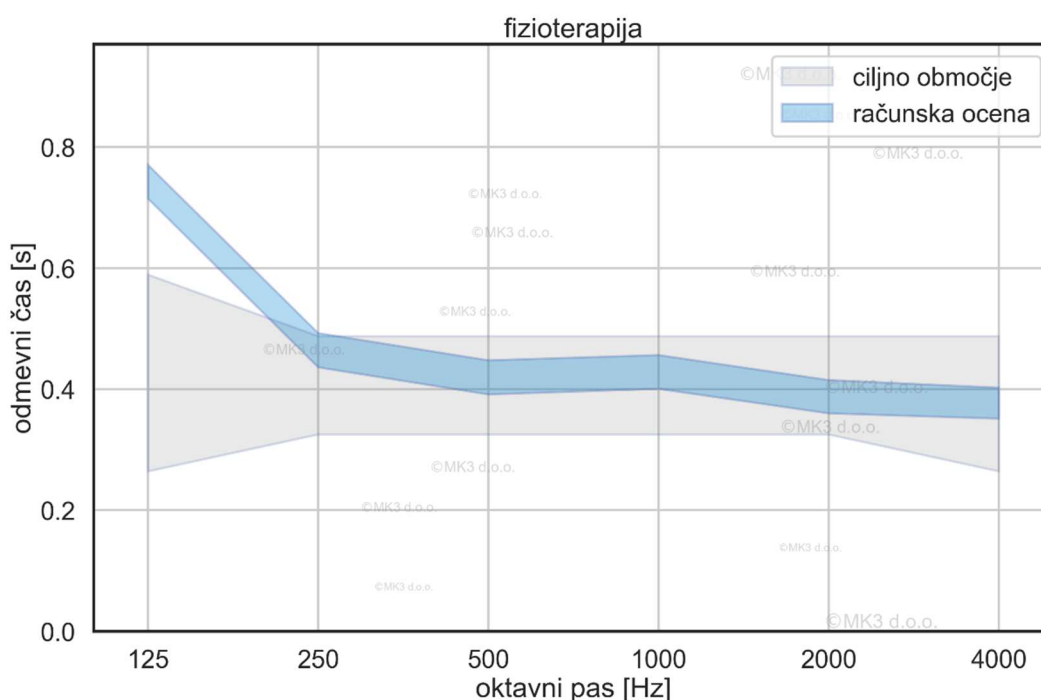
Tabela 2: Vrednosti koeficientov absorpcije  $\alpha$ , ki so uporabljeni v izračunih odmevnega časa skupaj s kvadraturami obodnih površin – fizioterapija.

Material	S [m <sup>2</sup> ]	$\alpha$ v oktavnih pasovih [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
finalni tlak, PVC	42,9	0,02	0,04	0,05	0,05	0,10	0,05
spuščen strop, luči	4,3	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
suhomontažne stene	30,0	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
zasteklitve	14,1	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
ometane stene	42,6	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
vrata	4,6	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
akustični spuščeni strop	38,6	0,45	0,85	0,95	0,90	0,95	1,00
oprema-mize, stoli	6*	0,15	0,19	0,22	0,39	0,38	0,30
ljudje	5*	0,23	0,37	0,44	0,45	0,45	0,45

\* št. opreme/št. ljudi - ob predpostavki 1 osebe/m<sup>2</sup> oziroma 1 mize/m<sup>2</sup>



Slika 5: Izračunana vrednost odmevnega časa v prostoru delovne terapije v oktavnih pasovih z označenim ciljnim območjem glede na namembnost.



Slika 6: Izračunana vrednost odmevnega časa v prostoru fizioterapije v oktavnih pasovih z označenim ciljnim območjem glede na namembnost.

Izračunane vrednosti odmevnega časa v prostoru delovne terapije so prikazane na grafu na sliki 5 za predlagano akustično ureditev prostora (glej poglavje 8). Iz grafa je razvidno, da so izračunane vrednosti odmevnega časa delno zasedenega prostora (5 uporabnikov), znotraj priporočenega območja v vseh višjih oktavnih pasovih in nekoliko nad ciljnim območjem pri najnižjem oktavnem pasu. Rahlo povišan odmevni čas na območju nižjih frekvenc ne ocenjujemo kot kritičen glede na namembnost prostora.

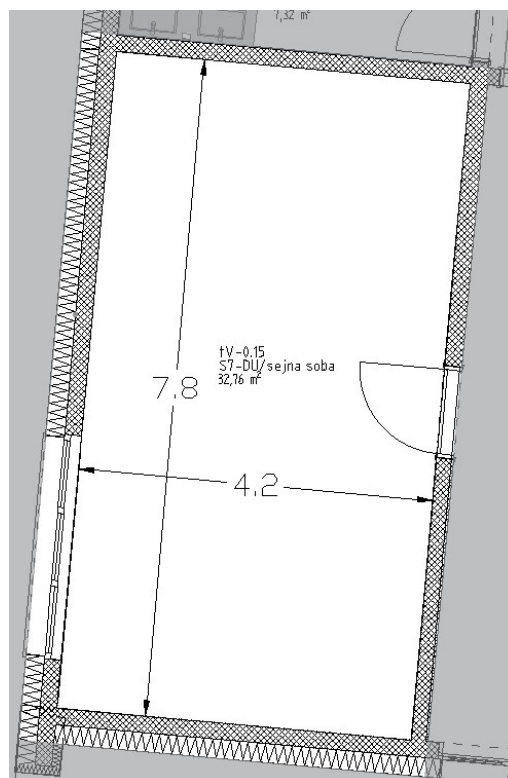
Izračunane vrednosti odmevnega časa v prostoru fizioterapije so prikazane na grafu na sliki 6 za predlagano akustično ureditev prostora (glej poglavje 8). Podobno kot v prostoru delovne terapije so izračunane vrednost odmevnega časa delno zasedenega prostora (5 uporabnikov) znotraj priporočenega območja v vseh višjih oktavnih pasovih in nekoliko nad ciljnim območjem pri najnižjem oktavnem pasu. Rahlo povišan odmevni čas na območju nižjih frekvenc ne ocenjujemo kot kritičen glede na namembnost prostora.

## 4. Sejna soba, prostori za zaposlene

Prostori za zaposlene se nahajajo v pritličju in 1. nadstropju objekta. Izračun naredimo za sejno sobo, v kateri je doseganje ustrezne prostorske akustike najpomembnejše, akustične rešitve pa se nanašajo tudi na druge prostore zaposlenih (pisarne, ordinacije, poslovne prostore...).

### 4.1. Zasnova prostora

Sejana soba prostora je tako cca. 21 m<sup>3</sup>. Tlak je predviden kot PVC, strop pa bo izveden kot spuščeni strop z akustično funkcijo. Stene so zidane ali suhomontažne in obdelane s finalnim ometom, fasadna stena je deloma zastekljena. Prostor je opremljen s stoli in sejno mizo.



Slika 7: Tloris sejne sobe, mere so v metrih.

## 4.2. Vrednosti odmevnega časa

Enačba (5) definira priporočen odmevni čas za predvideno namembnost v odvisnosti od volumna prostora:

$$T_{sejna\ soba} = \left( 0,37 \log_{10} \left( \frac{V}{m^3} \right) - 0,14 \right) s = 0,59 s$$

Poleg same vrednosti odmevnega časa bomo zasledovali tudi njegov ustrezen frekvenčni potek, in sicer skladno z grafom na sliki 3.

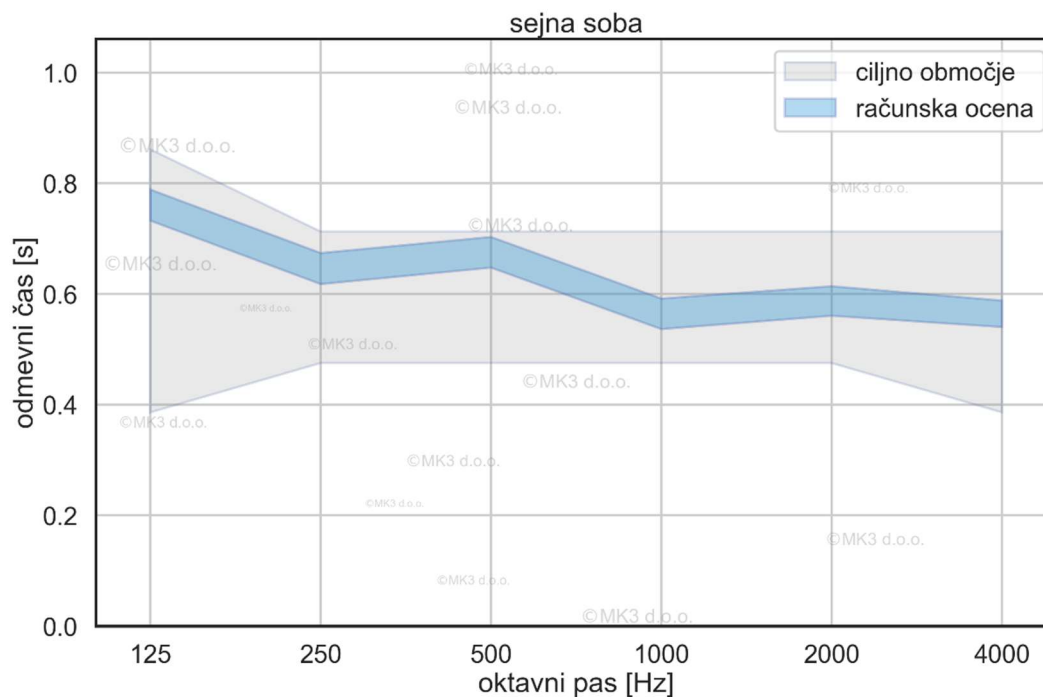
Odmevni čas izračunamo na podlagi vrednosti koeficienta absorpcije  $\alpha$  obodnih površin prostora, ki so podane v tabeli 3. V kolikor za predviden material niso na voljo podatki laboratorijskih meritev, smo te vzeli iz strokovne literature (glej npr. [2]).

Tabela 3: Vrednosti koeficientov absorpcije  $\alpha$ , ki so uporabljeni v izračunih odmevnega časa skupaj s kvadraturami obodnih površin – sejna soba.

Material	S [m <sup>2</sup> ]	$\alpha$ v oktavnih pasovih [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
finalni tlak, PVC	32,8	0,02	0,04	0,05	0,05	0,10	0,05
spuščen strop, luči	3,3	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
zasteklitve	7,0	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
ometane stene	62,9	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
vrata	2,1	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
akustični spuščeni strop	29,5	0,55	0,65	0,60	0,70	0,60	0,65
oprema-mize, stoli	2*	0,15	0,19	0,22	0,39	0,38	0,30
ljudje	3*	0,23	0,37	0,44	0,45	0,45	0,45

\* št. opreme/št. ljudi - ob predpostavki 1 osebe/m<sup>2</sup> oziroma 1 mize/m<sup>2</sup>

Izračunane vrednosti odmevnega časa v prostoru delovne terapije so prikazane na grafu na sliki 8 za predlagano akustično ureditev prostora (glej poglavje 8). Iz grafa je razvidno, da so izračunane vrednosti odmevnega časa delno zasedenega prostora (3 uporabniki), znotraj priporočenega območja v vseh oktavnih pasovih.



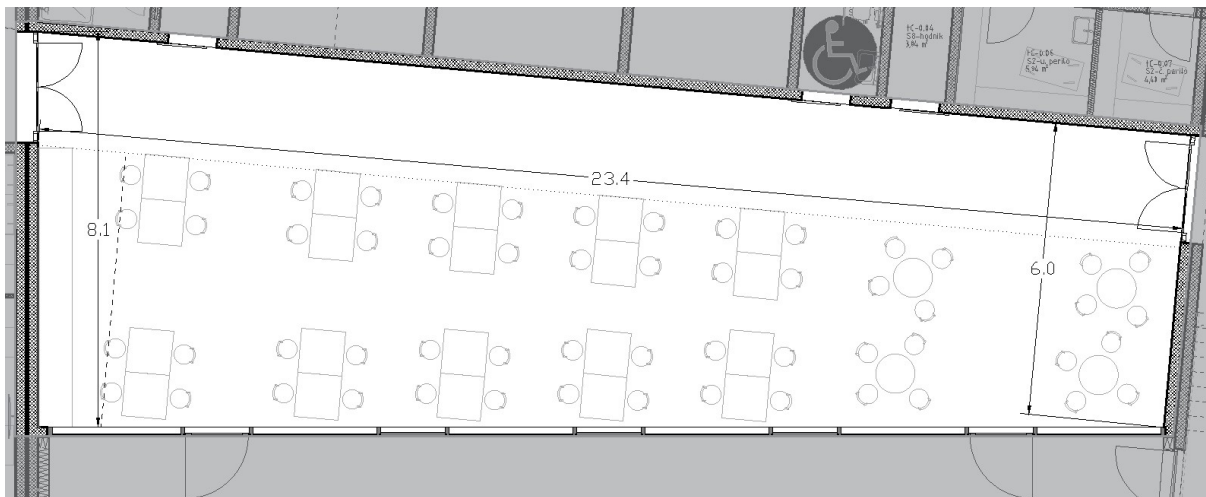
Slika 8: Izračunana vrednost odmevnega časa v sejni sobi v oktavnih pasovih z označenim ciljnim območjem glede na namembnost.

## 5. Jedilnica

Prostor jedilnice je namenjen prehrani in neformalnemu druženju oskrbovancev ter drugim družabnim aktivnostim, zato je predvsem pomembno doseči čim nižje ravni hrupa, saj so že same aktivnosti, ki se v tovrstnih prostorih odvijajo običajno dokaj hrupne. Z akustično ureditvijo želimo doseči čim nižji odmevni čas in s tem zmanjšati odmevni hrup, ki nastane kot posledica predvidenih aktivnosti.

### 5.1. Zasnova prostora

Jedilnica se nahaja v osrednjem delu pritličja objekta je tlorisne površine 168 m<sup>2</sup>, s svetlo višino stropa 3,0 m, volumen prostora je tako cca. 500 m<sup>3</sup>. Tlak je predviden kot PVC, strop pa bo izveden kot spuščeni strop z akustično funkcijo. Stene so armirano betonske in obdelane s finalnim ometom, fasadna stena je v celoti zastekljena. Prostor je opremljen s stoli in mizami.



Slika 9: Tloris jedilnice, mere so v metrih.

## 5.2. Vrednosti odmevnega časa

Na podlagi enačbe (6) določimo minimalno količino absorpcijske površine v prostoru za oktavne pasove od 250 Hz do 2000 Hz:

$$A/V \geq \left[ 1,47 + 4,69 * \log(h/1 \text{ m}) \right]^{-1} = 0,27$$

Ob upoštevanju Sabinove enačbe (1) določimo priporočen maksimalen odmevni čas prostora:

$$T_{jedilnic} \leq 0,60 \text{ s}$$

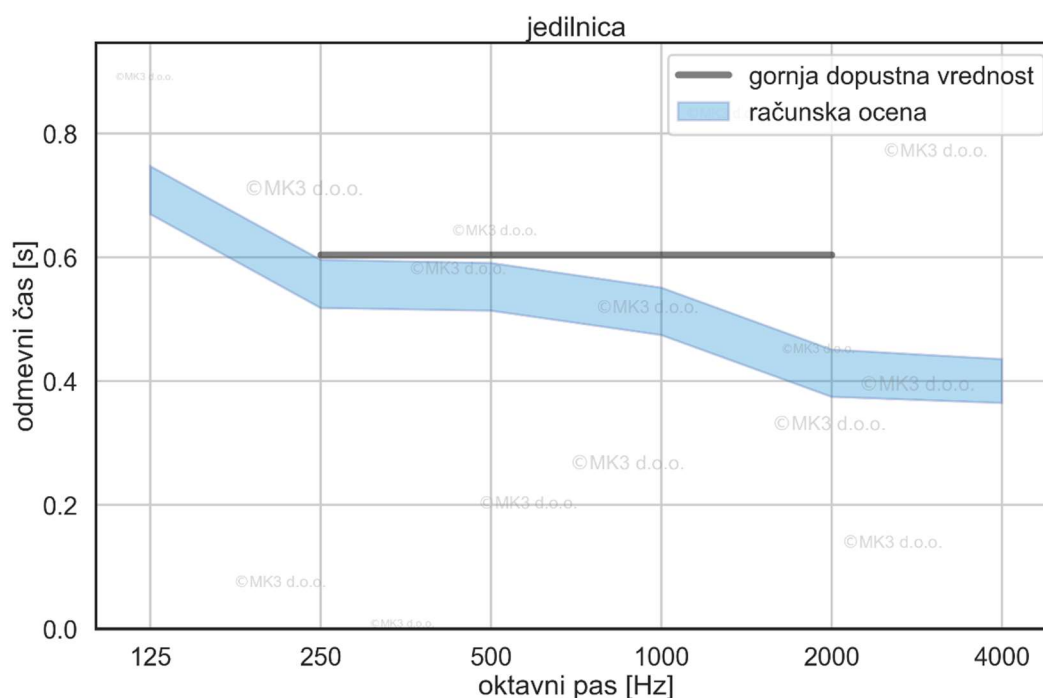
Odmevni čas izračunamo na podlagi vrednosti koeficienta absorpcije  $\alpha$  obodnih površin prostora, ki so podane v tabeli 4. V kolikor za predviden material niso na voljo podatki laboratorijskih meritev, smo te vzeli iz strokovne literature (glej npr. [2]).

Tabela 4: Vrednosti koeficientov absorpcije  $\alpha$ , ki so uporabljeni v izračunih odmevnega časa skupaj s kvadraturami obodnih površin – jedilnica.

Material	S [m <sup>2</sup> ]	$\alpha$ v oktavnih pasovih [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
finalni tlak, PVC	167,9	0,02	0,04	0,05	0,05	0,10	0,05
spuščen strop, luči	16,8	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
suhomontažne stene	38,6	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
zasteklitve	75,9	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
ometane stene	65,1	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
vrata	6,3	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
akustični spuščeni strop	151,1	0,55	0,75	0,75	0,80	0,95	1,00
oprema-stoli, mize	10*	0,15	0,19	0,22	0,39	0,38	0,30
ljudje	10*	0,23	0,37	0,44	0,45	0,45	0,45

\* št. opreme/št. ljudi - ob predpostavki 1 osebe/m<sup>2</sup> oziroma 1 mize/m<sup>2</sup>

Izračunane vrednosti odmevnega časa so prikazane na grafu na sliki 10 za predlagano akustično ureditev prostora (glej poglavje 8). Iz grafa je razvidno, da so izračunane vrednosti odmevnega časa malo zasedenega prostora (10 uporabnikov), pod maksimalnimi priporočenimi vrednostmi v vseh oktavnih pasovih.



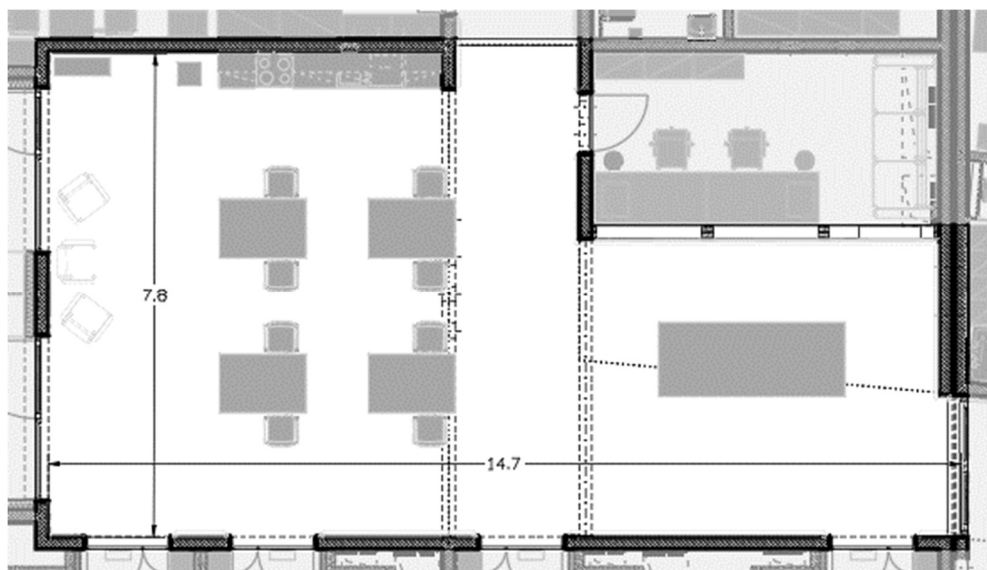
Slika 10: Izračunana vrednost odmevnega časa v prostorih jedilnice oktavnih pasovih z označenim ciljnim območjem glede na namembnost.

## 6. Večnamenski prostori

Večnamenski prostori so namenjeni neformalnemu druženju oskrbovancev in gostov ter drugim družabnim aktivnostim. Z akustično ureditvijo želimo doseči čim nižji odmevni čas in s tem zmanjšati odmevni hrup, ki nastane kot posledica predvidenih aktivnosti. Akustično zasnovo preverimo na primeru enega izmed dnevnih prostorov, predvideni ukrepi pa se nanašajo na vse večnamenske prostore objekta.

### 6.1. Zasnova prostora

Obravnavan večnamenski prostor (slika 11) se nahaja v pritličju objekta in je skupne tlorisne površine 95 m<sup>2</sup>, s svetlo višino stropa 3,0 m, volumen prostora je tako približno 285 m<sup>3</sup>. Plak je predviden kot PVC, strop pa bo izveden kot spuščeni strop z akustično funkcijo. Stene so armirane betonske in obdelane s finalnim ometom, fasadna stena je deloma zastekljena. Prostor je opremljen z manjšo kuhinjo, stoli in mizami.



Slika 11: Tloris večnamenskega prostora v pritličju, mere so v metrih.

## 6.2. Vrednosti odmevnega časa

Na podlagi enačbe (7) določimo minimalno količino absorpcijske površine v prostoru za oktavne pasove od 250 Hz do 2000 Hz:

$$A/V \geq \left[ 3,13 + 4,69 * \log\left(\frac{h}{1 \text{ m}}\right) \right]^{-1} = 0,19$$

Ob upoštevanju Sabinove enačbe (1) določimo priporočen maksimalen odmevni čas prostora:

$$T_{\text{večnamenski}} \leq 0,87 \text{ s}$$

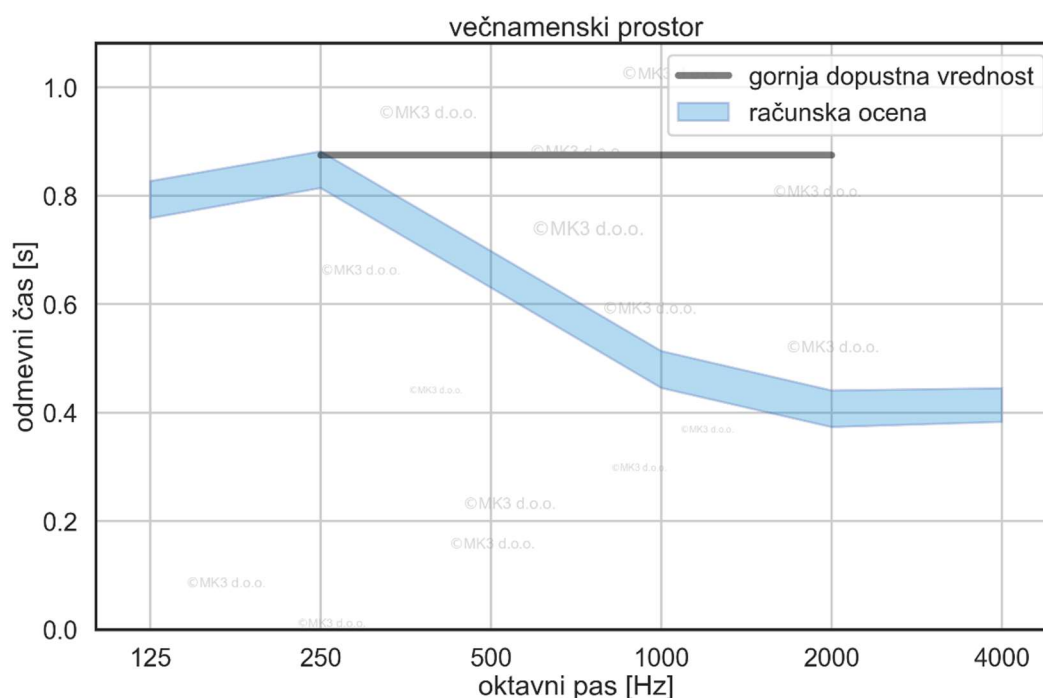
Odmevni čas izračunamo na podlagi vrednosti koeficienta absorpcije  $\alpha$  obodnih površin prostora, ki so podane v tabeli 5. V kolikor za predviden material niso na voljo podatki laboratorijskih meritev, smo te vzeli iz strokovne literature (glej npr. [2]).

Tabela 5: Vrednosti koeficientov absorpcije  $\alpha$ , ki so uporabljeni v izračunih odmevnega časa skupaj s kvadraturami obodnih površin – večnamenski prostor.

Material	S [m <sup>2</sup> ]	$\alpha$ v oktavnih pasovih [Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
finalni tlak, PVC	95	0,02	0,04	0,05	0,05	0,10	0,05
spuščen strop, luči	9	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
suhomontažne stene	15	0,08	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05
zasteklitve	11	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
ometane stene	95	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
vrata	18	0,14	0,10	0,06	0,08	0,10	0,10
akustični spuščeni strop	85	0,50	0,45	0,60	0,85	0,95	0,95
oprema	8*	0,15	0,19	0,22	0,39	0,38	0,30
ljudje	5*	0,23	0,37	0,44	0,45	0,45	0,45

\* št. opreme/št. ljudi - ob predpostavki 1 osebe/m<sup>2</sup> oziroma 1 mize/m<sup>2</sup>

Izračunane vrednosti odmevnega časa so prikazane na grafu na sliki 12 za predlagano akustično ureditev prostora (glej poglavje 8). Iz grafa je razvidno, da so izračunane vrednosti odmevnega časa malo zasedenega prostora (5 uporabnikov), pod maksimalnimi priporočenimi vrednostmi v vseh relevantnih oktavnih pasovih.



Slika 12: Izračunana vrednost odmevnega časa v večnamenskem prostoru oktavnih pasovih z označenim ciljnim območjem glede na namembnost.

## 7. Preostali prostori

Odmevni hrup neugodno vpliva na počutje in zdravje uporabnikov prostora, zato je obvladovanja le-tega pomembno tudi v preostalih bivalnih in delovnih prostorih objekta DSO Jezerca Bovec. V tehničnih in komunikacijskih prostorih pa z vnosom absorpcijskih oblog predvsem dosežemo zmanjševanje prenosa hrupa proti varovanim prostorom (npr. bivalnim enotam).

### 7.1. Bivalne enote

V bivalnih enotah je v sklopu opreme predviden vnos dodatne zvočno absorpcijske površine v obliki oblazinjenega pohištva, zaves in podobnih materialov, za zagotavljanje prijetnega bivalnega okolja za uporabnike objekta.

## 7.2. Kuhinja

V prostorih kuhinje je nujna umestitev zvočno absorpcijskih oblog vsaj na območje stropa za zmanjševanje hrupa delovnega procesa in ustvarjanje ustreznega delovnega okolja za zaposlene. Pri tem je pomembno, da so zvočno absorpcijske obloge prilagojene higienskim zahtevam za tovrstne prostore. Tip in umestitev akustičnih oblog je prikazana v sklopu poglavja 8.

## 7.3. Komunikacije, avla

Z akustično zasnovo komunikacijskih hodnikov, avle in družabnega prostora v objektu B stremimo predvsem k zmanjšanju odmevnega hrupa v prostoru. Z zniževanjem odmevnega časa prostorov dosežemo tudi manjši prenos hrupa proti bivalnim enotam in drugim varovanim prostorom. Tip in umestitev akustičnih oblog je prikazana v sklopu poglavja 8.

## 7.4. Tehnični prostori

Po potrebi priporočamo vnos absorpcijskih elementov tudi v tehnične prostore objekta z namenom zniževanja odmevnega hrupa kot posledice hrupa obratovalnih naprav. Absorpcijske obloge naj so umeščene v neposredno bližino hrupnih naprav. Tip in umestitev akustičnih oblog je prikazana v sklopu poglavja 8.

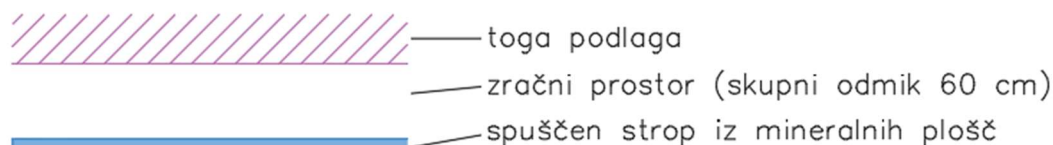
# 8. Predlagana akustična ureditev

Po arhitekturnem predlogu se prostorska akustika ureja izključno z implementacijo zvočno absorpcijskega spuščene stropa. V nadaljevanju so podane minimalne zahteve zvočne absorpcije stropnih oblog glede na namembnost prostora.

## 8.1. Opis predvidenih akustičnih elementov (rešitev)

### Akustičen spuščeni strop (tip 1) – fizioterapija in delovna terapija

V prostorih fizioterapije in delovne terapije je kot akustična rešitev predviden rastrski akustičen spuščeni strop. Predvidena sestava obloge v prerezu je prikazana na sliki 13, ki prikazuje rastrski spuščeni strop iz mineralnih plošč debeline 15 mm. Sistem je na strop nameščen na končnem odmiku od toge podlage 60 cm. Stropni sistem naj bo vgrajen skladno z navodili proizvajalca.



Slika 13: Shematska sestava absorpcijskega rastrskega stropnega sistema 1 iz mineralnih plošč.

Za doseganje ustreznih akustičnih lastnosti morajo stropne obloge dosegati minimalne vrednosti koeficientov absorpcije izmerjene na odmiku 400 mm od toge podlage (skladno s področnim merilnim standardom ISO 354), navedene v tabeli 6.

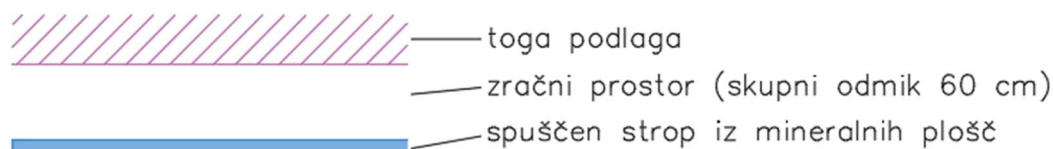
Tabela 6: Minimalne vrednosti koeficientov absorpcije  $\alpha$  za stropne obloge 1.

oktavni pas [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha$	0,45	0,85	0,90	0,90	0,90	0,90

Spisek prostorov in umestitvena shema (zelena barva) je prikazana v sklopu poglavja 7.2.

#### Akustičen spuščeni strop (tip 2) – jedilnica in kuhinja

V kuhinji, jedilnici in večnamenskih prostorih je kot akustična rešitev predviden rastrski akustičen spuščeni strop. Predvidena sestava obloge v prerezu je prikazana na sliki 14, ki prikazuje rastrski spuščeni strop iz mineralnih plošč debeline 15 mm. Sistem je na strop nameščen na končnem odmiku od toge podlage 60 cm. Stropni sistem naj bo vgrajen skladno z navodili proizvajalca.



Slika 14: Shematska sestava absorpcijskega rastrskega stropnega sistema 2 iz mineralnih plošč.

Za doseganje ustreznih akustičnih lastnosti morajo stropne obloge dosegati minimalne vrednosti koeficientov absorpcije izmerjene na odmiku 400 mm od toge podlage (skladno s področnim merilnim standardom ISO 354), navedene v tabeli 7.

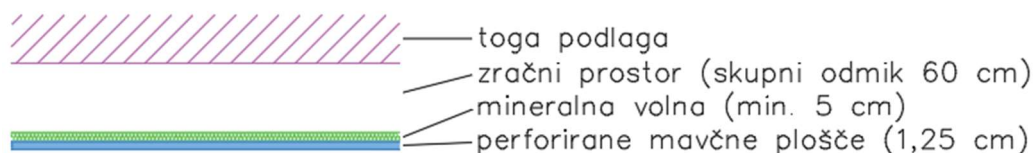
Tabela 7: Minimalne vrednosti koeficientov absorpcije  $\alpha$  za stropne obloge 2.

oktavni pas [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha$	0,55	0,75	0,75	0,80	0,80	0,80

Spisek prostorov in umestitvena shema (rumena, modra barva) je prikazana v sklopu poglavja 7.2.

**Akustičen spuščeni strop (tip 3) – prostori za zaposlene, ambulante, poslovni prostori**

V prostorih za zaposlene je kot akustična rešitev predviden perforiran akustičen spuščeni strop. Predvidena sestava obloge v prerezu je prikazana na sliki 15, ki prikazuje perforirane mavčne plošče debeline 1,25 cm. Na plošče je umeščen sloj mineralne volne debeline vsaj 4 cm. Sistem je na strop nameščen na končnem odmiku od toge podlage 60 cm. Stropni sistem naj bo vgrajen skladno z navodili proizvajalca.



Slika 15: Shematska sestava perforiranega stropnega sistema 3.

Za doseganje ustreznih akustičnih lastnosti morajo stropne obloge dosegati minimalne vrednosti koeficientov absorpcije izmerjene na odmiku 400 mm od toge podlage (skladno s področnim merilnim standardom ISO 354), navedene v tabeli 8.

Tabela 8: Minimalne vrednosti koeficientov absorpcije  $\alpha$  za stropne obloge 3.

oktavni pas [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha$	0,55	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

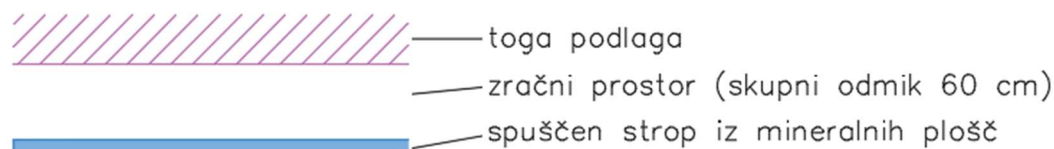
Spisek prostorov in umestitvena shema (vijolična barva) je prikazana v sklopu poglavja 7.2.

**Akustičen spuščeni strop (tip 4) – komunikacije, tehnični prostori**

V komunikacijskih hodnikih in tehničnih prostorih je priporočena umestitev akustičnega spuščena stropa s koeficientom absorpcije  $\alpha \geq 0,6$  v oktavnih pasovih 250 Hz – 4000 Hz, v skupni količini vsaj tlorisne površine prostora. Spisek prostorov in umestitvena shema (siva in temno modra barva) je prikazana v sklopu poglavja 7.2.

**Akustičen spuščeni strop (tip 5) – večnamenski prostori**

V kuhinji, jedilnici in večnamenskih prostorih je kot akustična rešitev predviden rastrski akustičen spuščeni strop. Predvidena sestava obloge v prerezu je prikazana na sliki 16, ki prikazuje rastrski spuščeni strop iz mineralnih plošč debeline 15 mm. Sistem je na strop nameščen na končnem odmiku od toge podlage 60 cm. Stropni sistem naj bo vgrajen skladno z navodili proizvajalca.



Slika 16: Shematska sestava absorpcijskega rastrskega stropnega sistema 5 iz mineralnih plošč.

Za doseganje ustreznih akustičnih lastnosti morajo stropne obloge dosegati minimalne vrednosti koeficientov absorpcije izmerjene na odmiku 400 mm od toge podlage (skladno s področnim merilnim standardom ISO 354), navedene v tabeli 9.

Tabela 9: Minimalne vrednosti koeficientov absorpcije  $\alpha$  za stropne obloge 5.

oktavni pas [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha$	0,45	0,45	0,60	0,80	0,80	0,80

Spisek prostorov in umestitvena shema (oranžna barva) je prikazana v sklopu poglavja 7.2.

## 8.2. Umestitev akustičnih elementov

Absorpcijski strop je predviden na celotni površini stropa (z izjemo umestitve luči in drugih instalacij katere ocenjujemo da zasedejo do 10% površine stropa) v sledečih prostorih:

Pritličje	površina
- jedilnica	146 m <sup>2</sup>
- večnamenski prostor TZ	85 m <sup>2</sup>
- kuhinja	78 m <sup>2</sup>
- prostori za zaposlene - skupaj	64 m <sup>2</sup>
- avla z vetrolovom	85 m <sup>2</sup>
- poslovni prostori	44 m <sup>2</sup>
- komunikacije - skupaj	53 m <sup>2</sup>
- tehnični prostori – skupaj	146 m <sup>2</sup>

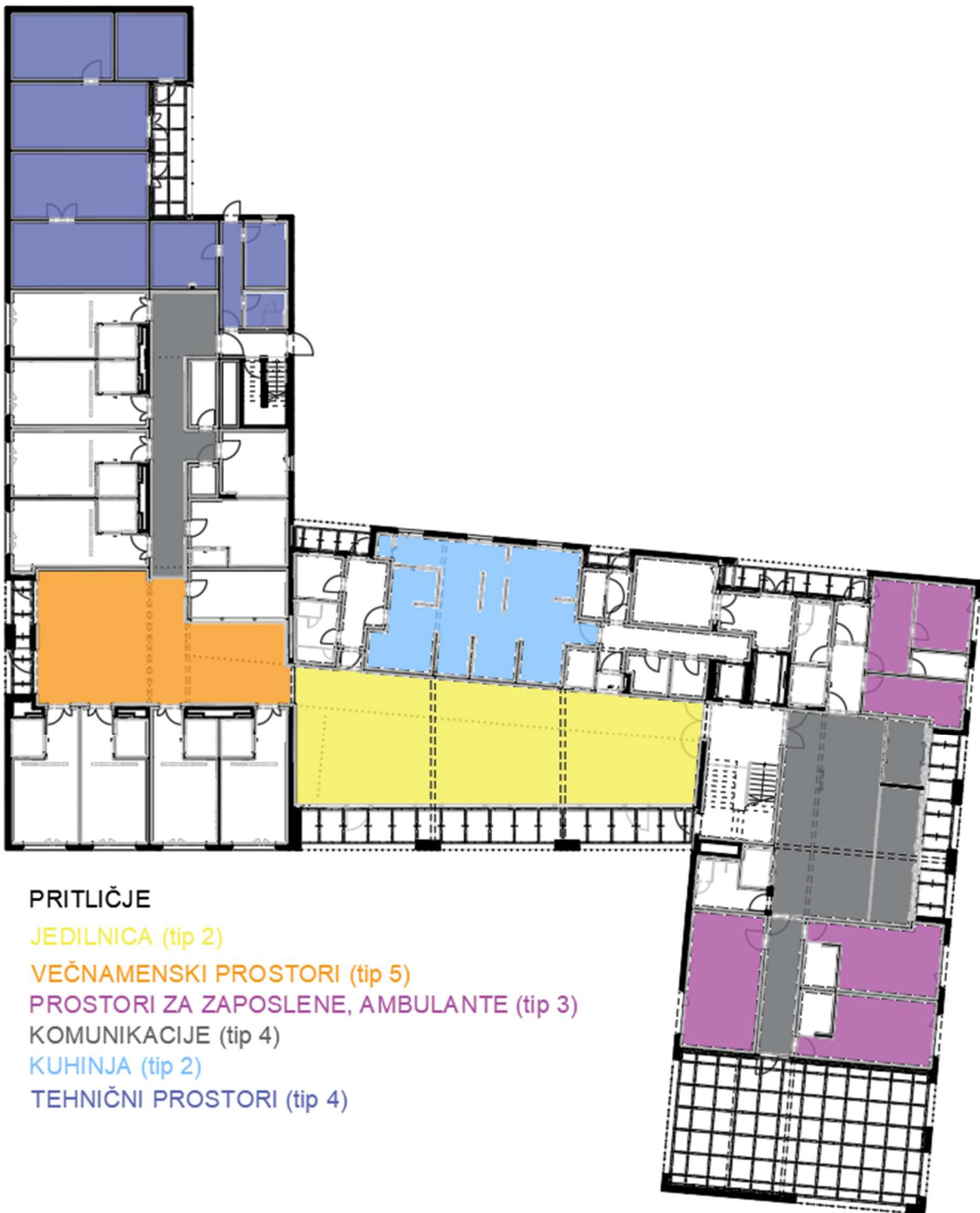
### 1. nadstropje

- delovna terapija	48 m <sup>2</sup>
- fizioterapija	39 m <sup>2</sup>
- večnamenski prostor TZ	122 m <sup>2</sup>
- večnamenski prostor TC	38 m <sup>2</sup>
- večnamenski prostor TV	61 m <sup>2</sup>
- prostori za zaposlene – skupaj	145 m <sup>2</sup>
- komunikacije - skupaj	170 m <sup>2</sup>

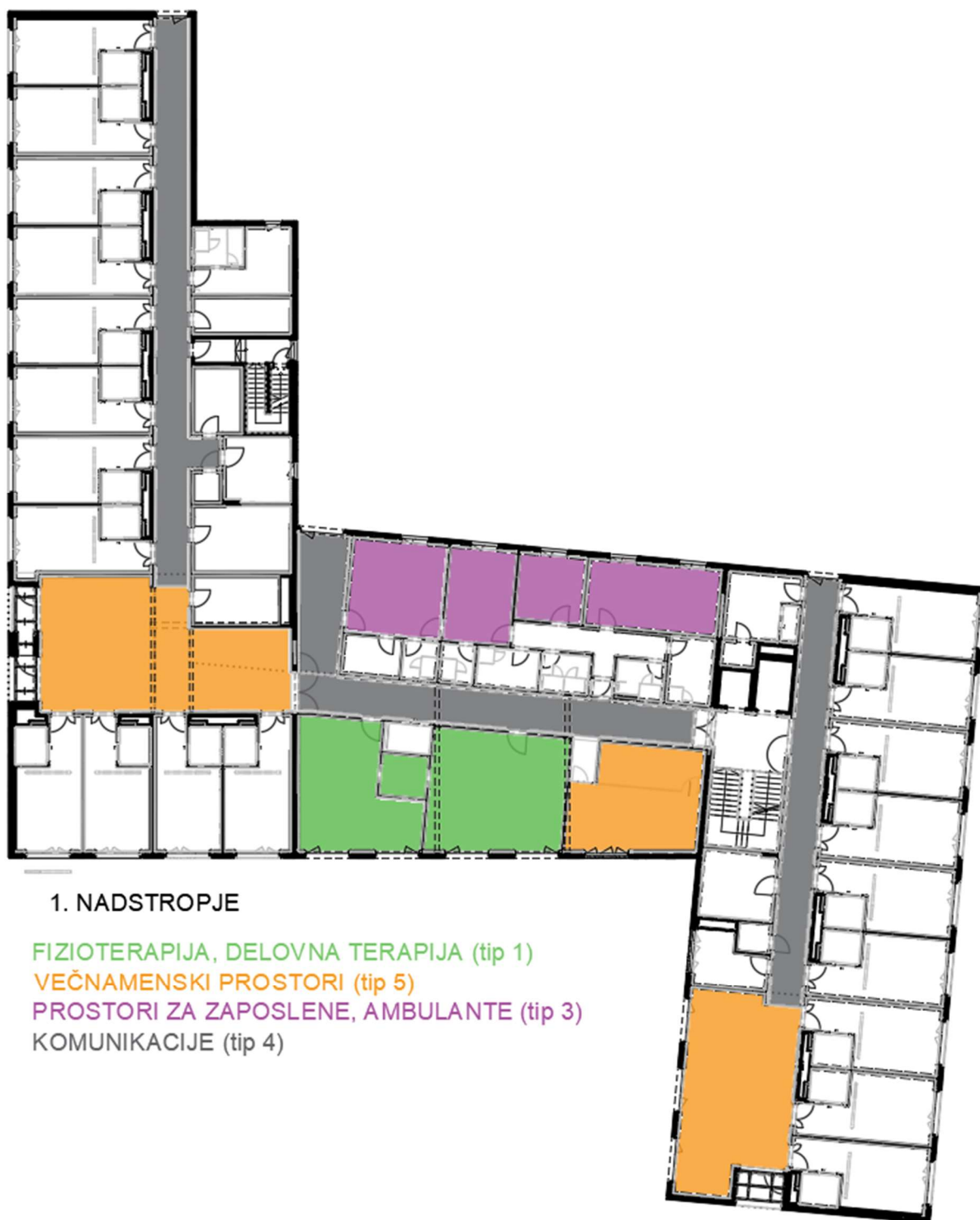
### 2. nadstropje

- večnamenski prostor TV	61 m <sup>2</sup>
- komunikacije - skupaj	44 m <sup>2</sup>

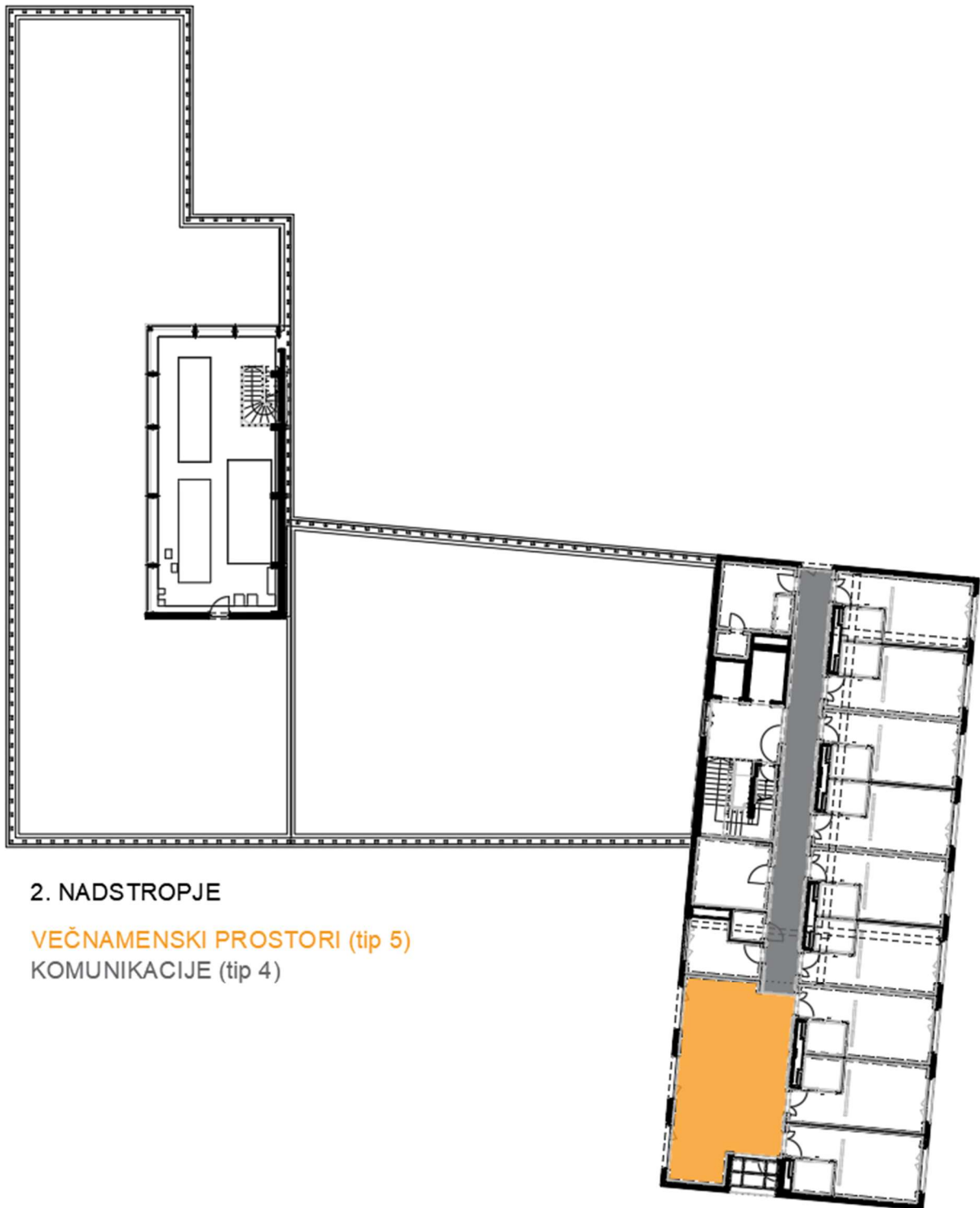
Shematski prikaz prostorov v katerih je predvidena umestitev zvočno absorpcijskega spuščenege stropa, skladno z zahtevami podanimi v poglavju 8.1 so prikazani na slikah 17, 18, 19.



Slika 17: Shema umestitve akustičnega spuščenega stropa v prostore pritličja.



Slika 18: Shema umestitve akustičnega spuščenega stropa v prostore 1. nadstropja.



Slika 19: Shema umestitve akustičnega spuščenega stropa v prostore 2. nadstropja.

## 9. Literatura

- [1] DIN 18041:2019 – Acoustic quality in rooms – Specifications and instructions for the room acoustic design.
- [2] Cox, T. J., D'Antonio, P. 2009. Acoustic absorbers and diffusers: theory, design, and application. 2nd edition. Oxon. Taylor & Francis.
- [3] Tehnična smernica TSG-1-005:2012, Zaščita pred hrupom v stavbah.