

# ELABORAT ZAŠČITE PRED HRUPOM V STAVBAH

Dokazovanje izpolnjevanja bistvenih zahtev zaščite pred hrupom

naziv stavbe:	<b>Narodni dom Novo mesto</b>
lokacija stavbe:	parc. št.: 1683, 1684, 1685 vse k.o. 1456 Novo mesto
investitor:	Mestna občina Novo mesto Seidlova cesta 1, 8000 Novo mesto
naročnik:	ZELOA d.o.o. Ptujska ulica 19, 1000 Ljubljana
odgovorni vodja projekta:	Anže Zalaznik, univ. dipl. inž. arh. ZAPS A-1123
vrsta projektne dokumentacije:	PZI – projekt za izvedbo gradnje
izdelovalec elaborata:	Nika Šubic, mag. inž. grad.
Številka elaborata:	NZ-066-07/22
izvod:	
datum izdelave elaborata:	junij 2024

## Vsebina

<b>1. Osnovni podatki.....</b>	<b>2</b>
<b>Tehnični in zakonski normativi.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Zunanji hrup .....</b>	<b>3</b>
2.1. Mejne ravni zunanjega hrupa .....	3
2.2. Mejne ravni notranjega hrupa .....	3
2.3. Zaščita stavbe pred zunanjim hrupom.....	4
<b>3. Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku .....</b>	<b>6</b>
3.1. Medetažna konstrukcija med ateljejem v mansardi in dvorano v 1.N .....	6
3.2. Preostale medetažne konstrukcije na objektu .....	8
3.3. Notranje predelne stene na objektu .....	9
3.4. Stavbno pohištvo .....	10
<b>4. Izolacija konstrukcije pred udarnim hrupom .....</b>	<b>10</b>
4.1. Medetažna konstrukcija med mansardo in 2. nadstropjem oz. veliko dvorano .....	11
4.2. Medetažna konstrukcija med 2. in 1. nadstropjem .....	11
4.3. Medetažna konstrukcija med 1. nadstropjem in pritličjem .....	11
<b>5. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme .....</b>	<b>11</b>
5.1. Prezračevanje .....	12
5.2. Ostale obratovalne naprave in instalacije .....	14
<b>6. Obvladovanje odmevnega hrupa .....</b>	<b>14</b>
6.1. Velika dvorana .....	15
6.2. Preostali prostori .....	16
<b>7. Splošna priporočila.....</b>	<b>16</b>
<b>8. Izkaz o zaščiti pred hrupom .....</b>	<b>18</b>
<b>9. Literatura .....</b>	<b>18</b>

## 1. Osnovni podatki

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

Ta zahteva navedbo sledečih podatkov v elaboratu:

- CC-SI klasifikacija: 11301 – Stavbe za kulturo in razvedrilo
- Metodologija elaborata: izdelan skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012

Predmet elaborata je objekt Narodnega doma Novo mesto, ki se v sklopu prenove rekonstruira in dogradi. Objekt je pet etažen (K+P+2N+M) in je v večji meri namenjen kulturnim dejavnostim. V pritličju so predvideni galerijski prostori, v večjem delu prvega nadstropja se nahaja glavna dvorana, ki se razprostira čez dve etaži, ob glavni dvorani pa sta v vsakem nadstropju še dve manjši dvorani oz. razstavna prostora. V mansardi je predvidena izvedba treh bivalnih ateljejev za gostujoče umetnike in strojnica.

Nosilne stene objekta so masivne (zidane), v pritličju je izveden obokan opečni strop, v nadstropjih pa je medetažna konstrukcija izdelana iz lesenih tramov. Obstoječa konstrukcija objekta se v večji meri ohranja in statično sanira.

Elaborat upošteva, da je objekt je pod kulturno varstveno zaščito – ukrepi zaščite pred hrupom se izvajajo skladno z danimi zmožnostmi, priporočila stroke se smiselno upoštevajo. Upoštevajoč namembnost prostorov je tako najbolj kritična ustrezna zaščita pred hrupom proti mansardi, obvladovanje hrupa obratovalne opreme, obvladovanje odmevnega hrupa in pa zasnova prostorske akustike glavne dvorane, ki pa ni predmet tega elaborata.

## Tehnični in zakonski normativi

Elaborat smiselno upošteva sledeče tehnične normative:

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

Elaborat smiselno upošteva sledeče zakonske normative:

- Gradbeni zakon (GZ-1) (Uradni list RS, št. 199/21)
- Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 43/18 in 59/19),
- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni list RS, št. 17/06, 18/06 – popr. in 43/11 – ZVZD-1),
- Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12 in 61/17 – GZ).

## 2. Zunanji hrup

### 2.1. Mejne ravni zunanjega hrupa

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

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

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

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

### 2.2. Mejne ravni notranjega hrupa

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

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

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

Objekt je klasificiran kot Stavba za kulturo in razvedrilo, v katerih je potrebno zagotoviti, ustrezne ravni zvočnega tlaka v varovanih prostorih objekta. Bivalne ateljeje v mansardi objekta lahko klasificiramo kot stanovanja in kot mejno vrednost notranjega hrupa upoštevamo  $L_{Aeq,večer} = 33$  dB(A).

### 2.3. Zaščita stavbe pred zunanjim hrupom

V nadaljevanju računsko preverimo ustrezno zvočno zaščito stavbe pred vdorom zunanjega hrupa. Pri ovrednotenju izolirnosti ločilnih elementov upoštevamo prometni spektralni popravek  $C_{tr}$ . Izračun naredimo za **atelje 2** v mansardi, saj je to eden izmed prostorov z največjim deležem zasteklitev, skozi katero pričakujemo največje prehajanje hrupa v objekt.

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

#### Stavbno pohištvo

Točen tip zasteklitve še ni določen zato predpostavimo zasteklitev s sestavo 6-(6-16)-4 iz standarda ISO 12354-3 z zvočno izolirnostjo  $R_w$  ( $C$ ,  $C_{tr}$ ) = 32 (-2, -4) dB. Dodatno predpostavimo, da okovje stavbnega pohištva dosega enako oziroma višjo zvočno izolirnost. Skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012 odštejemo 2 dB od laboratorijsko določene vrednosti. Zaradi stranskega prenosa odštejemo 2 dB, kot je navedeno v standardu ISO 12354-3 in na koncu še upoštevamo spektralni popravek  $C_{tr} = -4$  dB. Tako upoštevamo izolirnost zasteklitve **24 dB**.

## Streha

Po projektu je predvidena sestava:

- 1,5 cm / obstoječi strešniki
- 5 cm / obstoječe letve
- 18 cm / obstoječi špirovci + sekundarna kritina + mineralna volna
- 6 cm / mineralna volna
- 3 cm / kovinska podkonstrukcija
- 1,5 cm / mavčno kartonske plošče

Predvidena sestava je primerljiva sestavi iz strokovne literature [1] (Prod. Nr. 305) z zvočno izolirnostjo  $R_w (C, C_{tr}) = 43 (-4, -10)$  dB. Zaradi stranskega prenosa dobljeno vrednost zmanjšamo še za 2 dB in upoštevana izolirnost MK dela fasade je **31 dB**.

## Skupna izolirnost ločilne konstrukcije

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

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

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

Površine znašajo 3,4 m<sup>2</sup> za stavbno pohištvo in 65,5 m<sup>2</sup> za streho, skupaj pa 51,6 m<sup>2</sup>.

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

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

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

Skupna izolirnost zunanje konstrukcije izračunana po zgornjih enačbah znaša

$$R'_{w} = 30 \text{ dB.}$$

## Raven hrupa v prostoru

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

$$L_{notri} = L_{zunaj} - R'_{w,f} + 10 \log_{10} \left( \frac{S}{A} \right) - \Delta L_{fs} = 31 \text{ dB}$$

kjer je  $L_{zunaj} = 60$  dB,  $R'_{w,f} = 30$  dB,  $S = 51,6$  m<sup>2</sup>,  $L_{fs}$  pa popravek zaradi oblike fasade, katerega v našem primeru ni.  $A = 55$  m<sup>2</sup> in je ekvivalentna absorpcijska površina, ki je odvisna od volumna prostora (ta znaša 167,4 m<sup>3</sup>) in se izračuna po enačbi iz tehnične smernice (str. 15).

IZRAČUNANA RAVEN HRUPA		MEJNA RAVEN HRUPA
31 dB (A)	≤	33 dB (A)
Sestava zunanje ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane ravni hrupa znotraj objekta, mora celoten sistem zunanega stavbnega pohištva na območju mansarde dosegati zvočno izolirnost vsaj  $R_w + C_{tr} = 28$  dB. Priporočamo vgradnjo zasteklitev z dvema različnima debelinama šip.

### 3. Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku

Skladno s tehnično smernico je "v stavbah za kulturo in razvedrilo treba zagotoviti, da v varovanih in poslovnih prostorih teh stavb zaradi uporabe ostalih prostorov teh stavb ne bodo presežene mejne vrednosti ravni hrupa iz preglednic 2 in 3 tehnične smernice". V nadaljevanju preverimo, da bo zvočna izolirnost medetažne konstrukcije med dvorano v ateljeji v mansardi ustrezala zahtevam preglednice 2. Za preostale konstrukcije in konstrukcijske elemente, v katere se v sklopu prenove posega, so podana splošna priporočila za zagotavljanje ustrezne zvočne zaščite znotraj objekta.

#### 3.1. Medetažna konstrukcija med ateljejem v mansardi in dvorano v 1.N

V nadaljevanju računsko preverimo ustrezno zvočno zaščito ločilne konstrukcije pred vdorom hrupa iz dvorane v atelje 3. Pri tem predpostavimo, da raven hrupa v dvorani lahko doseže 80 dB(A), kot mejno vrednost notranjega hrupa v ateljeju določimo  $L_{Aeq, noc} = 30$  dB(A).

Po projektu je predvidena sledeča ločilna konstrukcija:

- 1 cm / finalni tlak - parket
- 2,5 cm / lahki plavajoči pod ( $m' \geq 35$  kg/m<sup>2</sup>)
- 1,1 cm / zvočna izolacija ( $s_D \leq 10$  MN/m<sup>3</sup>)
- 20 cm / sekundarna podkonstrukcija za tlak
- 35 cm / zračni prostor, mineralna volna (min. 5 cm)
- 10 cm / armiran betonski estrih, sidran v stene ( $\rho \geq 2300$  kg/m<sup>3</sup>)
- 2,5 cm / obstoječe deske
- 30 cm / obstoječi stropniki\*
- 3 cm / saniran obstoječ omet na deskah s trstiko
- 3 cm / mavčne plošče (2 x 1,5 cm)
- 42 cm / zračni sloj z mineralno volno (min. 5 cm)
- 3 cm / podkonstrukcija
- 1,5 cm / mavčne plošče

\*v primeru, da se strop odpira, in da je med stropniki prostor, naj se medprostor zapolni s slojem mineralne volne (min. 5 cm).

## Zvočna izolirnost

Za nosilni del konstrukcije (betonski armiran estrih) izračunamo zvočno izolirnost po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1, ki znaša  $R_w = 57$  dB. Izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnega sloja (talne konstrukcije) določimo z enačbo D.2 in ob uporabi tabele D.3 standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo maso dodatnega sloja  $m'_2 = 35$  kg/m<sup>2</sup> in odmik od osnovne konstrukcije 55 cm. Dodatni sloj izboljša izolativnost medetažne konstrukcije za 7 dB.

## Stranski prenos

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

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

element			$m_i$ [kg/m <sup>2</sup> ]	$R_{w,i}$ [dB]	$\Delta R_{w,i}$ [dB]
pozicija	naziv	oznaka			
mejni el.	medetažna k.	(Dd)	230	57	7
oddajni prostor	stena 1	(1)	45	54	0
	stena 2	(2)	47	67	0
	stena 3	(3)	782	70	0
	stena 4	(4)	782	70	0
sprejemni prostor	stena 1'	(1')	0	0	0
	stena 2'	(2')	0	0	0
	stena 3'	(3')	1260	77	0
	stena 4'	(4')	1260	77	0

Tabela 4: Zvočne izolirnosti mejne in stranskih konstrukcij.

Pot prehoda	Oznaka	$R_{Ff,w}$
D → d	$R_{Dd,w}$	64
1 → 1'	$R_{11',w}$	0
2 → 2'	$R_{22',w}$	0
3 → 3'	$R_{33',w}$	91
4 → 4'	$R_{44',w}$	90
D → 1'	$R_{D1',w}$	0
D → 2'	$R_{D2',w}$	0
D → 3'	$R_{D3',w}$	95
D → 4'	$R_{D4',w}$	94
1 → d	$R_{1d,w}$	90
2 → d	$R_{2d,w}$	93
3 → d	$R_{3d,w}$	90
4 → d	$R_{4d,w}$	89



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

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

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

$$= 64 \text{ dB}$$

### Raven hrupa v prostoru

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

$$L_{notri} = L_{zunaj} - R'_{w,f} + 10 \log_{10} \left( \frac{S}{A} \right) = 17 \text{ dB}$$

kjer je  $L_{zunaj} = 80 \text{ dB}$ ,  $R'_{w,f} = 64 \text{ dB}$ ,  $S = 58,6 \text{ m}^2$ ,  $A = 45 \text{ m}^2$  in je ekvivalentna absorpcijska površina, ki je odvisna od volumna prostora (ta znaša  $138 \text{ m}^3$ ) in se izračuna po enačbi iz tehnične smernice (str. 15).

IZRAČUNANA RAVEN HRUPA		MEJNA RAVEN HRUPA	
17 dB (A)	≤	30 dB (A)	
Sestava zunanje ločilne konstrukcije je ustrezna.			

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti medetažne konstrukcije je pomembna pravilna izvedba plavajočega poda – sekundarna konstrukcija poda mora biti popolnoma ločena od armiranega estriha, na sekundarnih nosilcih pa naj se umesti sloj primerne zvočne izolacije. (glej tudi priporočila poglavja 7). V zračne prostore med konstrukcijo naj se vedno doda sloj mineralne volne.

## 3.2. Preostale medetažne konstrukcije na objektu

### Medetažna konstrukcija med dvorano v 1.N in galerijo v pritličju

Po projektu je predvidena sledeča ločilna konstrukcija:

- 2,5 cm / finalni tlak - parket
- 6 cm / armiran betonski estrih z mrežo – sidran v nosilne stene ( $\rho \geq 2000 \text{ kg/m}^3$ )
- 0 - 60 cm / lahko perlit beton ( $\rho \geq 600 \text{ kg/m}^3$ )
- 1 cm / ojačitev obstoječih obokov s karbonskimi lamelami
- 20 cm / obstoječi opečnat obok ( $\rho \geq 2000 \text{ kg/m}^3$ )
- 2 cm / sanacija obstoječega ometa

Upoštevajoč predvideno sestavo in načrte arhitekture lahko ocenimo, da je povprečna debelina sloja lahkega betona vsaj 30 cm. Na podlagi enačbe B.5 standarda ISO 12354-1, lahko tako ocenimo zvočno izolirnost medetažne konstrukcije in sicer  $R_w = 66 \text{ dB}$ . Zvočna izolirnost nove

sestave je primerljiva obstoječi, zvočno izolirnost proti hrupu v zraku pa ocenjujemo kot ustrezno. Pri tem opozarjamo, da vsak preboj v sestavi predstavlja izrazito poslabšanje zvočne izolirnosti in se jim je potrebno izogniti, predvsem v varovanih prostorih (dvoranah).

### Medetažna konstrukcija med razstavnim prostorom v 2.N in malo dvorano v 1.N

Po projektu je predvidena sledeča ločilna konstrukcija:

- 2,5 cm / finalni tlak - parket
- 6 cm / mikroarmiran betonski estrih
- 2 cm / zvočna izolacija ( $s_D \leq 35 \text{ MN/m}^3$ )
- 4,5 cm / armirana cementna malta s sidri (statična sanacija)
- 2,5 cm / deske
- 20 cm / obstoječi leseni tramovi\*
- 3 cm / saniran obstoječ omet na deskah s trstiko
- 3 cm / mavčne plošče (2 x 1,5 cm)
- 32 cm / zračni sloj z mineralno volno (min. 5 cm)
- 3 cm / podkonstrukcija
- 1,5 cm / mavčne plošče

\*v primeru, da je med lesenimi tramovi prostor, naj se medprostor zapolni s slojem mineralne volne (min. 5 cm).

Zvočno izolirnost nove podne konstrukcije lahko ocenimo na podlagi podatkov iz literature [1]. Kot primerljivo konstrukcijo privzamemo konstrukcijo številka 230 (str. 223.60.1), katere izmerjena zvočna izolirnost znaša  $R_w (C, C_{tr}) = 60 (-1, -7)$ , pri čemer predvidevamo, da bo zvočna izolirnost podne konstrukcije višja, saj je konstrukcija št. 230 nekoliko okleščena v sestavi slojev v primerjavi s predvideno podno konstrukcijo na objektu. V vsakem primeru bo nova medetažna konstrukcija predstavljala izboljšavo v primerjavi z obstoječo sestavo.

Pri tem je pomembno, da se prebojem skozi konstrukcijo v največji možni meri izognemo. Preboji ki so nujno potrebni (npr. razsvetljava, prezračevanje) naj prebijajo le en sloj konstrukcije in so zrakotesno zaprti. Dodatni napotki glede obvladovanja hrupa obratovalne opreme in izvedbe instalacij na objektu so podani v sklopu poglavja 5.

Plavajoči pod mora biti v celoti ločen od nosilne konstrukcije (medetažne ter vertikalnih sten) in dilatiran med prostori. Splošna priporočila glede izvedbe medetažnih konstrukcij so podana v sklopu poglavja 7.

## 3.3. Notranje predelne stene na objektu

### Obstoječe masivne stene

Obstoječe notranje stene na objektu so vse masivne izvedbe v različnih debelinah od cca. 20 cm do 75 cm. Notranje stene okoli varovanih prostorov (dvoran, razstavnih prostorov...) so minimalne debeline 45 cm, razen na območju zazidane vratne odprtine v glavno dvorano, kjer je lokalno debelina stene le 17 cm. Na podlagi enačbe B.5 standarda ISO 12354-1, lahko ocenimo zvočno izolirnost predelnih sten ( $p \geq 1800 \text{ kg/m}^3$ ) debeline 45 cm do 75 cm  $R_w = 67 \text{ dB} - 75 \text{ dB}$ . Stene, debeline vsaj 45 cm lahko tako ocenimo kot ustrezne z vidika zvočne izolirnosti proti hrupu v zraku. Stena debeline 17 cm dosega zvočno izolirnost  $R_w = 51 \text{ dB}$ , kar je rahlo pod priporočili za tovrstne prostore, vendar je oslabitev lokalna in zaradi preostalih oslabitev, ki se nahajajo v isti steni (vrata) je ne smatramo kot problematične.

V primeru, ko je predvidena zazidava odprtin v obstoječih stenah, mora nova ločilna konstrukcija dosegati enako ali višjo raven zvočne izolirnosti kot obstoječa stena. Pri izvedbi preboje skozi obstoječe stene je potrebno zagotoviti zrakotesno tesnjenje brez prenosa vibracij. Dodatni napotki glede obvladovanja hrupa obratovalne opreme in izvedbe instalacij na objektu so podani v sklopu poglavja 7.

### **Nove lahke predelne stene**

V sklopu ureditve mansardnih prostorov se predvidi izvedba več suhomontažnih notranjih sten. Vse predelne stene morajo potekati do nosilnega sloja medetažne konstrukcije (armirane betonske plošče oz. estriha). Stiki suhomontažnih konstrukcij naj bodo zrakotesno zaprti in izvedeni po navodilih proizvajalca. Vse suhomontažne stene naj so izvedene z dvoslojno oblogo, vsak sloj mora biti zakitan in bandažiran, da se ustvari zrakotesna zapora. V predelnih stenah, kjer je predvideno večje število instalacijskih prebojev (sanitarije, kuhinjski blok) priporočamo izvedbo suhomontažne stene z vmesno ploščo, ki mora prav tako biti zakitana in bandažirana, izvedena do nosilne konstrukcije obodnih konstrukcij (tla, strop, stene) in brez prebojev ali drugih zračnih rež. Suhomontažne stene strojnice morajo biti izvedene na dvojni podkonstrukciji.

## **3.4. Stavbno pohoštvo**

### **Zunanje stavbno pohoštvo**

V primeru, da se zunanje stavbno pohoštvo menja oziroma doda novo naj dosega zvočno izolirnost vsaj  $R_w + C_{tr} = 28$  dB. Pri zasteklitvah priporočamo vgradnjo stekel dveh različnih debelin.

### **Notranje stavbno pohoštvo**

V primeru, da se notranja vrata menjajo naj vsa vrata, ki vodijo v glavno dvorano v pritličju, malo dvorano v 1.N in razstavni prostor v 2.N dosega zvočno izolirnost vsaj  $R_w = 42$  dB. Če se obstoječe stavbno pohoštvo le obnovi, naj se v sklopu sanacijskih del zagotovi ustrezno tesnjenje vratnega krila z okvirjem.

Dodatno priporočamo, da tudi vsa vrata v tehnične prostore (strojnice) dosega zvočno izolirnost vsaj  $R_w = 42$  dB.

## **4. Izolacija konstrukcije pred udarnim hrupom**

Tehnična smernica ne postavlja mejnih vrednosti za ovrednoteno normirano raven zvočnega tlaka udarnega zvoka za stavbe za kulturo in razvedrilo, zato v nadaljevanju podajamo splošne smernice za obvladovanje udarnega hrupa.

#### **4.1. Medetažna konstrukcija med mansardo in 2. nadstropjem oz. veliko dvorano**

V sklopu obnove se izkoristi podstrešje objekta in doda nova talna konstrukcija mansarde, ki je popolnoma ločena od obstoječe medetažne konstrukcije in sloni na stenah objekta (sestava navedena v sklopu poglavja 3.1). Direktni prenos udarnega zvoka tako ni problematičen, z umestitvijo ustreznega zvočno izolacijskega sloja pod suhi estrih mansarde pa se izloči tudi stranski prenos po nosilnih stenah ter v horizontalni smeri med prostori mansarde. Umestitev zvočno izolacijskega sloja je ključna na območju tehničnih prostorov, kjer je pomembno, da je sloj zvočne izolacije določen ob upoštevanju obtežbe naprav.

Ob kvalitetni izvedbi medetažne konstrukcije lahko ocenimo, da prenos udarnega zvoka iz mansarde v nižje etaže ne bo problematičen.

#### **4.2. Medetažna konstrukcija med 2. in 1. nadstropjem**

S sanacijo medetažne konstrukcije med razstavnim prostorom v 2. nadstropju in malo dvorano v 1. nadstropju (glej poglavje 3.2) se predvidi izvedba dodatnega betonskega estriha na ustreznem sloju zvočne izolacije in statično ojačenje obstoječe nosilne konstrukcije s slojem armirane cementne malte. Oba ukrepa znižujeta prenos udarnega hrupa in ob kvalitetni izvedbi medetažne konstrukcije ocenjujemo, da prenos udarnega zvoka med etažama ne bo problematičen. Pri tem naj se upošteva tudi splošna priporočila poglavja 7.

#### **4.3. Medetažna konstrukcija med 1. nadstropjem in pritličjem**

Medetažna konstrukcija nad pritličjem je izvedena z opečnim obokanim stropom, katerega se v sklopu prenove ojača, nasutje se nadomesti z lahkim betonom, betonski estrih pa služi v namen dodatne stabilizacije konstrukcije in je zato vpet v obstoječe stene objekta. Sestava konstrukcije je Navedena v sklopu poglavja 3.2. Ker je estrih togo povezan z osnovno konstrukcijo ga ni mogoče upoštevati kot plavajoči pod in na ta način ne pripomore k zmanjševanju udarnega zvoka. Glede na omejitve projekta in upoštevajoč namembnost prostorov v 1. nadstropju in pritličju ocenjujemo, da prenos udarnega zvoka ni kritičen faktor zaščite pred hrupom na objektu. Pri tem priporočamo, da se medetažna konstrukcija izvede kot povezana masivna konstrukcija (brez vmesnih slojev zvočne izolacije) in da je površinska masa celotne medetažne konstrukcije čim večja. V primeru, da je izvedljivo se seveda priporoča izvedba dodatnega plavajočega poda.

### **5. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme**

Skladno s tehnično smernico je "v stavbah za kulturo in razvedrilo treba zagotoviti, da v varovanih in poslovnih prostorih teh stavb zaradi uporabe ostalih prostorov teh stavb ne bodo presežene mejne vrednosti ravni hrupa iz preglednic 2 in 3 tehnične smernice". V obravnavanem objektu lahko prostore ateljejev klasificiramo kot stanovanja in pri tem upoštevamo mejne vrednosti, določene s preglednico 3, vendar pa v prostorih mansarde ni predvideno prisilno prezračevanje,

prostori pa tudi neposredno ne mejijo na tehnične prostore, ki bi lahko bili vir hrupa. Poleg ateljejev kot varovane prostore definiramo tudi veliko dvorano, malo dvorano, razstavni prostor in galerijo, kjer se lahko odvijajo raznovrstni kulturni dogodki. Skladno s preglednico 3 tehnične smernice mejno raven hrupa, ki ga povzroča obratovalna oprema, določimo pri  $L_{AFmax} = 40 \text{ dB(A)}$ . Poleg tega upoštevamo tudi priporočila strokovne literature [2], ki vrednost v kulturnih dvoranah še dodatno omejijo na **25 dB(A)**.

Primarni ukrepi za varovanje pred hrupom obratovalne opreme je ustrezna izbira obratovalnih naprav, kar je ključno predvsem pri izbiri klimatov, toplotnih črpalk in druge hrupne obratovalne opreme. Sekundarni ukrepi se nanašajo na pravilno umestitev in zasnovo tehničnih prostorov znotraj objekta ter preprečevanje širjenja hrupa iz le-teh v druge – varovane prostore.

Tehnični prostori objekta ne smejo mejiti na tihe prostore, mejne konstrukcije le-teh naj so masivne in visoko zvočno izolirne (morajo dosegati zvočno izolirnost vsaj  $R_w = 57 \text{ dB}$ ). Hrup obratovalne opreme znotraj tehničnih prostorov ne sme presegati **80 dB(A)**. Raven hrupa znotraj tehničnih prostorov lahko nekoliko znižamo z umestitvijo protihrupnega ohišja za naprave in z umestitvijo ustreznih zvočno absorpcijskih oblog (glej tudi poglavje 6).

Napotki glede protihrupne zaščite se nanašajo na trenutno predvidene naprave in podatke pridobljene s strani projektanta. Pred izvedbo je nujna ponovna preverba ustreznosti dejansko izbranih naprav in rešitev obvladovanja hrupa.

## 5.1. Prezračevanje

Prezračevalni sistem mora biti zasnovan na način, ki ne povzroča dodatnega hrupa v prostoru in ne omogoča prenosa hrupa iz enega v drug prostor. V primeru objekta Narodnega doma Novo mesto so prezračevalne naprave razpršene po objektu in sicer:

- Klet:
  - Prezračevalna naprava 1 (PN1) v sanitarijah ( $Q = 700 \text{ m}^3/\text{h}$ ), dovod/odvod za sanitarije M in Ž, zajem in izpuh na južni fasadi.
- Pritličje:
  - Prezračevalna naprava 2 (PN2) v strojnici ( $Q = 300 \text{ m}^3/\text{h}$ ), dovod/odvod za garderobo in galerijo 2 zajem in izpuh na severni fasadi.
  - Lokalne prezračevalne naprave (3x) v galeriji 1 ( $Q = 15\text{-}100 \text{ m}^3/\text{h}$ ), vgrajene v stene na južni in zahodni fasadi.
- 1. nadstropje:
  - Prezračevalna naprava 3 (PN3) v mali dvorani ( $Q = 700 \text{ m}^3/\text{h}$ ), dovod/odvod za malo dvorano, zajem in izpuh na zahodni fasadi.
- 2. nadstropje:
  - Prezračevalna naprava 4 (PN4) v razstavnem prostoru ( $Q = 700 \text{ m}^3/\text{h}$ ), dovod/odvod za razstavni prostor, zajem in izpuh na zahodni fasadi.
- Mansarda:
  - Prezračevalna naprava 5 (PN5) v hodniku ( $Q = 700 \text{ m}^3/\text{h}$ ), dovod/odvod za notranji balkon (prizidek), zajem in izpuh na strehi.
  - Prezračevalna naprava 6 (PN6) v strojnici ( $Q = 3500 \text{ m}^3/\text{h}$ ), dovod/odvod za veliko dvorano, zajem in izpuh na strehi.

Prezračevalne naprave so treh različnih tipov, deklarirane ravni zvočnega tlaka za posamezen tip naprave je podan v tabeli 5.

Tabela 5: Deklarirane ravni zvočnega tlaka na kanalih prezračevalnih naprav in deklarirana zvočna moč ohišja posamezne naprave.

tip naprave	PN	$L_w$ skupaj [dB(A)]				
		dovod	odvod	zajem	izpuh	ohišje
K1	PN2	73,0	60,7	59,4	72,9	57,8
K2	PN1, PN3, PN4, PN5	76,5	61,6	60,6	76,1	57,8
K3	PN6	84,7	65,4	66,6	82,2	66,8

## Hrup ohišja

Prezračevalne naprave PN1 – PN5 so predvidene kot stropne naprave, umeščene direktno v nivo spuščene stropa vsakega izmed prostorov. Upoštevajoč podatke predvidenih naprav (tip K1 in K2) priporočamo, da se vsako izmed stropnih naprav zapre z dodatno dvoslojno oblogo iz mavčnih plošč, znotraj obloga naj se umesti sloj zvočno absorpcijskega materiala (npr. mineralna volna) debeline vsaj 5 cm. Dvoslojna obloga mora biti izvedena s prekrivanjem, vsi preboji za kanale pa ustrezno zrakotesno zaprti. V primeru, da naprave povzročajo vibracije jih je potrebno pritrditi z antivibracijskimi vešali.

Prezračevalna naprava 6 (PN6) je umeščena v ločeno strojnico. Predvidene so suhomontažne stene na dvojni podkonstrukciji, priporočamo vgradnjo dobro zvočno izolirnih vrat (vsaj  $R_w = 42$  dB), pravilno mora biti izveden in dilatiran plavajoči pod, za preprečevanje širjenja hrupa in vibracij po nosilni konstrukciji objekta. Priporočamo, da se v prostor umesti zvočno absorpcijske obloge v minimalni površini 38 m<sup>2</sup> (glej tudi poglavje 6).

## Hrup na kanalih

Na dovodnih in odvodnih kanalih vseh prezračevalnih naprav so predvideni dušilni elementi. Ker so rešitve enake na dovodu in odvodu preverimo hrup na dovodnih kanalih za vse tri naprave, saj je raven zvočnega tlaka na le-teh višja. Pri tem upoštevamo predvidene dušilne elemente.

Tabela 6: Raven zvočnega tlaka na dovodnem kanalu predvidene naprave K1 in atenuacija predvidenega dušilca.

elementi	$L_w$ [dB(A)] preko oktavnih pasov [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
K1 (dovod)	53,1	59,4	65,2	69	64,6	63,8	61,1	60,6
ceveni dušilni element $\Phi 200$ , L=1000 mm	2	4	10	18	32	33	21	11

Tabela 7: Raven zvočnega tlaka na dovodnem kanalu predvidene naprave K2 in atenuacija predvidenih dušilcev.

elementi	$L_w$ [dB(A)] preko oktavnih pasov [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
K2	55	62,9	69,6	73,4	66,9	66,5	62,2	54,5
ceveni dušilni element $\Phi 250$ , L=1000 mm	1	3	8	17	27	22	14	7
fleksibilna cev $\Phi 100$ , L=1000 mm	15,9	22,9	31,1	38,6	36,4	40,6	50,1	35,9

Tabela 8: Raven zvočnega tlaka na dovodnem kanalu predvidene naprave K3 in atenuacija predvidenih dušilcev.

elementi	$L_w$ [dB(A)] preko oktavnih pasov [Hz]							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
K3	54,1	58,3	80,2	76,7	76,8	76,5	72	68,8
Lamelni dušilec MSA100-60, L=1000 mm	5	11	17	19	28	32	27	21
fleksibilna cev $\Phi 100$ , L=1000 mm	15,9	22,9	31,1	38,6	36,4	40,6	50,1	35,9

Na podlagi podatkov navedenih v tabeli 6 lahko ocenimo, da bo raven zvočnega tlaka v prostorih, ki se prezračujejo preko prezračevalne naprave tipa K1 približno 54 dB(A). Skladno s priporočili tehnične smernice priporočamo umestitev dodatnih zvočno absorpcijskih fleksibilnih cevi ( $\Phi 100$ ) na dovodne in odvodne kanale v prostore. Fleksibilne cevi naj so minimalne dolžine 1 m in izvedene z vsaj enim zavojem/kolenom. Z umestitvijo dodatnega dušilnega elementa raven hrupa v varovanih prostorih pade pod 35 dB(A).

V prostorih, ki se prezračujejo preko prezračevalne naprave tipa K2 lahko na podlagi podatkov iz v tabeli 7 ocenimo, da bo raven zvočnega tlaka približno 35 dB(A), kar je skladno s priporočili tehnične smernice. V veliki dvorani, ki se prezračuje preko naprave tipa K3 pa lahko na podlagi podatkov iz v tabeli 8 ocenimo, da bo raven zvočnega tlaka približno 22 dB(A), kar je skladno tako s tehnično smernico kot tudi s priporočili strokovne literature.

Poleg dovodnih in odvodnih kanalov pa je smiselno obvladovati tudi hrup na kanalih za zajem in izpuh, saj je le-ta lahko moteč za okolico. Upoštevajoč vrednosti tabele 5 priporočamo, da se tudi na te kanale umesti dodaten dušilni element – predvsem na kanale za izpuh.

## 5.2. Ostale obratovalne naprave in instalacije

Na objektu ni predvidenih drugih hrupnih obratovalnih naprav poleg prezračevalnih naprav. Pozornost pa je potrebno posvetiti instalacijskim prebojem, predvsem v predelnih stenah med varovanimi prostori (npr. ateljeji) in kjer je le-teh veliko. Pri tem naj se upošteva napotke podane v sklopu poglavja 7.

## 6. Obvladovanje odmevnega hrupa

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, dožemanje velikosti in oblike prostora, pojav odmeva, obarvanost zvoka, dožemanje izvora zvoka ipd. Poleg ustrezne vrednosti odmevnega časa pa je pri akustično zahtevnejših prostorih, kot so kulturne dvorane, ključna tudi ustrezna geometrijska členitev prostora, razporeditev akustičnih (absorpcijskih in odbojnih) površin po prostoru, umestitev odrske tehnike, ozvočenja ipd.

V sklopu elaborata podajamo ključna priporočila za obvladovanje odmevnega hrupa v prostorih Narodnega doma Novo mesto. Pri tem opozarjamo, da je za prostore z izrazito akustično funkcijo, kot je velika dvorana, nujna izdelava Elaborata prostorske akustike, v sklopu katerega se natančno definira glavno namembnost prostora (npr. gledališke igre, koncerti klasičnih glasbenih zvrsti, koncerti modernih glasbenih zvrsti...), le-temu prilagodi akustično zasnovo prostorov in podrobno določi elemente akustične ureditve.

## 6.1. Velika dvorana

Odmevni čas izračunamo po Sabinovi enačbi v območju oktavnih pasov od 125 Hz do 4000 Hz. Priporočeno vrednost odmevnega časa določimo ob upoštevanju namembnosti in geometrijskih karakteristik prostora, na podlagi standarda DIN 18041 [3], ki definira ciljno vrednost odmevnega časa. Glede na namembnost je določeno tudi tolerančno območje odmevnega časa kot odstopanje od ciljne vrednosti preko oktavnih pasov.

Ciljne vrednosti odmevnega časa v prostorih namenjenem govoru oz. predavanjem definiramo s spodnjo enačbo (namembnost A2), pri čemer upoštevamo volumen velike dvorane  $V = 1300 \text{ m}^3$ :

$$T_{\text{govor}} = \left( 0,37 \log_{10} \left( \frac{V}{\text{m}^3} \right) - 0,14 \right) \text{ s} = 1,01 \text{ s}$$

Poleg same vrednosti odmevnega časa bomo zasledovali tudi njegov ustrezen frekvenčni potek, in sicer skladno s priporočili istega standarda.

Odmevni čas izračunamo skladno s tehnično smernico TSG-1-005:2012 v oktavnih pasovih od 125 Hz do 4000 Hz ob uporabi Sabinove enačbe in upoštevanju vrednosti koeficienta absorpcije  $\alpha$  obodnih površin prostora [4]. Vrednosti odmevnega časa za predvideno akustično ureditev prostora so zapisane v tabeli 9.

Tabela 9: Izračunane vrednosti odmevnega časa zasedenega prostora (80 ljudi).

Odmevni čas [s]	Oktavni pas [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
	1,10	1,00	0,99	0,99	1,00	0,87

Izračunane vrednosti odmevnega časa so znotraj priporočenega tolerančnega območja v vseh oktavnih pasovih. Pri tem upoštevamo, da je v prostor umeščeno 156 m<sup>2</sup> zvočno absorpcijskih oblog.

Za doseganje ustreznih akustičnih lastnosti morajo zvočno absorpcijske obloge dosegati minimalne vrednosti koeficientov absorpcije, izmerjene pri odmiku od toge podlage 66 mm (skladno s področnim merilnim standardom ISO 354), navedene v tabeli 10.

Tabela 10: Upoštevane vrednosti koeficientov absorpcije  $\alpha$  za akustične obloge.

oktavni pas [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
$\alpha$	0,85	0,95	0,90	0,90	0,85	0,90

Ob umestitvi zvočno absorpcijskih oblog lahko ocenimo, da se raven hrupa v prostoru zniža za 6 dB, skladno z enačbo tehnične smernice TSG-1-005:2012 (str. 25).



Zvočno absorpcijske obloge naj se enakomerno razporedi v zadnji tretjini dvorane. Pri tem ponovno podarjamo, da je potrebno v veliki dvorani akustično zasnovo obravnavati celostno in ne le z vidika obvladovanja odmevnega hrupa.

## 6.2. Preostali prostori

### Mala dvorana, razstavni prostori, galerija

V preostalih prostorih, namenjenim raznovrstnim kulturnim prireditvam je prav tako pomembno obvladovanje odmevnega hrupa, poleg tega pa je potrebno jasno definirati glavno namembnost prostorov in tip, razporeditev in količino akustičnih oblog prilagoditi posamezni namembnosti. V večnamenskih prostorih, namenjenih neusmerjenim neozvočenim kulturnim dogodkom, priporočamo umestitev visoko zvočno absorpcijskih oblog v približni skupni površini tlorisne površine prostora. Zvočno absorpcijske obloge naj so enakomerno razporejene po prostoru in umeščene tako na območje stropa, kot tudi sten. Izbrane absorpcijske obloge naj dosegajo koeficient absorpcije  $\alpha \geq 0,6$  v oktavnih pasovih 125 Hz – 4000 Hz.

### Komunikacije, pomožni prostori

Z akustično zasnovo komunikacijskih prostorov, garderob in podobnih prostorov, kjer je predvideno kratkotrajno zadrževanje stremimo predvsem k zmanjšanju odmevnega hrupa v prostoru. Z zniževanjem odmevnega časa prostorov dosežemo tudi manjši prenos hrupa proti varovanim prostorom, kot so dvorane in razstavni prostori. Priporočamo izbiro absorpcijskih oblog s koeficientom absorpcije  $\alpha \geq 0,6$  v oktavnih pasovih 250 Hz – 4000 Hz, v skupni količini vsaj tlorisne površine prostora.

### Tehnični prostori

Z namenom obvladovanja hrupa kot posledice hrupa obratovalnih naprav znotraj tehničnih prostorov priporočamo vnos absorpcijskih elementov tudi v tehnične prostore. V primeru umestitve zvočne absorpcije priporočamo, da se izbere akustične obloge s koeficientom absorpcije  $\alpha \geq 0,6$  v oktavnih pasovih 125 Hz – 4000 Hz. Absorpcijske obloge naj so umeščene v neposredno bližino hrupnih naprav, v minimalni površini tlorisne površine prostora.

## 7. Splošna priporočila

### Zaščita pred zunanjim hrupom in zasteklitev

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti proti zunanjemu hrupu ter proti hrupu iz sosednjih prostorov, mora vgrajeno stavbno pohištvo dosegati zvočno izolirnost **vsaj  $R_w (C, C_{tr}) = 32 (-2, -4)$  dB**. Pri tem priporočamo vgradnjo zasteklitev z dvema različnima debelinama šip.

Pomembna je kvalitetna vgradnja oken; zagotovljeno mora biti dobro tesnjenje okenskega okvirja in okovja, kot tudi celotnega ohišja. Le tako bodo dosežene najvišje ravni zvočne izolirnosti, ki omogočajo mirno okolje v notranjih prostorih.

### Horizontalne ločilne konstrukcije

Pri izvedbi horizontalnih ločilnih konstrukcij je nujna izvedba plavajočega poda. Pravilno izveden plavajoči pod je ključen za doseganje visoke ravni zvočne izolirnosti proti udarnemu zvoku in tudi zvoku v zraku. Pri izbiri sloja zvočne izolacije je pomembno, da ima le-ta čim manjšo dinamično togost, pri sloju estriha pa stremimo k čim višji masi. Tako so suhi estrihi običajno slabše zvočno izolirni. Estrih mora biti nujno ločen od vse nosilne konstrukcije, saj s stikom omogočimo prenos zvoka po objektu. Ob stiku z vertikalno konstrukcijo naj bo nameščen elastični sloj, ki preprečuje prenos zvoka. Togi stik estriha s horizontalno nosilno konstrukcijo se lahko pojavi zaradi razvodov inštalacij znotraj sloja zvočne izolacije, Sloj zvočne izolacije naj bo zato vedno nekaj centimetrov višji od morebitnih inštalacij (cevi), da se prepreči prenos zvoka po horizontalni nosilni konstrukciji. Za doseganje najboljše možne zvočne izolirni naj bo plavajoči pod prekinjen med prostori, estrih naj ne bo v stiku z vertikalnimi ločilnimi konstrukcijami.

Pri izvedbi lahkkih sten na estrihu, se zvočna izolirnost izrazito poslabša v primerjavi z izvedbo predelne stene do nosilne konstrukcije.

### Vertikalne ločilne konstrukcije

Pri izvedbi predelnih sten je pomembna pravilna izvedba stika s horizontalno konstrukcijo, še posebej v primeru lahkkih (suhomontažnih) ločilnih konstrukcij. Vertikalni in horizontalni stiki predelnih sten naj bodo zrakotesno zaprti in izvedeni po navodilih proizvajalca.

Suhomontažne predelne stene izvedene z mavčnimi ploščami naj so vedno dvoslojne, vsak sloj mora biti zakitan in bandažiran, da se ustvari zrakotesna zapora. V primeru umestitve suhomontažnih sten z dodatno vmesno ploščo, mora biti le-ta prav tako zakitana in bandažirana, izvedena do nosilne konstrukcije obodnih konstrukcij (tla, strop, stene) in brez prebojev ali drugih zračnih rež.

### Vrata

Za doseganje primerne zvočne izolirnosti, naj vsa vhodna vrata, ki vodijo v dvorane in druge varovane prostore dosegajo zvočno izolirnost **vsaj  $R_w = 42$  dB**. Pri tem je pomembno zagotoviti dobro tesnjenje vratnega krila z okvirjem in tako preprečiti uhajanje zvoka skozi zračne reže.

Dodatno svetujemo umestitev visoko zvočno izolirnih vhodnih vrat v tehnične prostore.

### Preboji

Preboji (instalacije, prezračevalni kanali...) skozi predelne stene in medetažne konstrukcije izrazito poslabšajo zvočno izolirnost, zato se jih praviloma izogibamo. Če so preboji nujni, naj bodo le-ti čim manjši, poleg tega pa je potrebno zagotoviti elastičen in zrakotesen stik med steno in elementom preboja (kanal, cev...), ki zmanjšuje prenos zvoka in ne prenaša vibracij. Kanali, ki vodijo v prostore naj so zvočno izolirani tudi v prostoru (npr. znotraj spuščene stropa in po potrebi z dodatno oblogo) saj se tudi po njih lahko zvok širi iz prostora v prostor. Preboji za električne instalacije (vtičnice, stikala...) naj niso na istih lokacijah na obeh straneh stene - v primeru lahkkih vertikalnih konstrukcij morajo biti tudi tovrstni manjši preboji ustrezno detajlno obdelani in zatesnjeni, da se prepreči prenos zvoka.

## 8. Izkaz o zaščiti pred hrupom

Izkaz o zaščiti pred hrupom je priložen ob koncu poročila.

## 9. Literatura

- [1] SIAD 0189. Bauteildokumentation Schallschutz im Hochbau. 2005.
- [2] Mommertz, E. 2008. Acoustics and Sound Insulation. Munich, Institut für Internationale Architektur-Dokumentation
- [3] DIN 18041:2019 – Acoustic quality in rooms – Specifications and instructions for the room acoustic design.
- [4] Cox, T. J., D'Antonio, P. 2009. Acoustic absorbers and diffusers: theory, design, and application. 2nd edition. Oxon. Taylor & Francis: str. 440-444