Peričeva 21
1000 Ljubljana

ELABORAT
ZAŠČITE PRED HRUPOM V STAVBAH

Dokazovanje izpolnjevanja bistvenih zahtev zaščite pred hrupom

naziv objekta:	**Mrežni podjetniški inkubator Savinjske regije v Žalcu**
lokacija:	parc. št.: 149/5, 149/6, 150/4 in 161/2, vse k.o. 997 Gotovlje
investitor:	Občina Žalec Ulica Savinjske čete 5, 3310 Žalec
projektant:	Savaprojekt d.d. Cesta krških žrtev 59, 8270 Krško
vodja projektiranja:	Tina Božičnik, univ. dipl. inž. arh. ZAPS 1227
vrsta projektne dokumentacije:	PZI
izdelovalec elaborata:	Nika Šubic, mag. inž. grad.
številka elaborata:	NZ-236-05/26
izvod:	*elektronski izvod*
datum izdelave elaborata:	julij 2026

Vsebina

1. Izhodišča in mejne vrednosti 2
1.1. Tehnični in zakonski normativi 2
1.2. Mejne ravni zunanjega hrupa 2
1.3. Mejne ravni notranjega hrupa 3
1.4. Mejne vrednosti R_w' in $L_{n,w}'$ notranjih ločilnih elementov 3
2. Zaščita stavbe pred zunanjim hrupom 4
3. Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku 4
3.1. Betonske stene pisarniških prostorov 4
3.2. Suhomontažna stena med sejno sobo in večnamenskim prostorom 6
3.3. Opečna stena proti skupnemu stopnišču 7
3.4. Medetažna konstrukcija med pisarniškimi prostori 9
4. Izolacija konstrukcije pred udarnim hrupom 10
4.1. Medetažna konstrukcija med pisarniškimi prostori 10
5. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme 12
6. Obvladovanje odmevnega hrupa 13
6.1. Pisarne in sejne sobe 14
6.2. Komunikacijski prostori 14
6.3. Tehnični prostori 14
7. Glavne ugotovitve in splošne smernice 15
8. Izkaz o zaščiti pred hrupom 17
9. Literatura 17

1. Izhodišča in mejne vrednosti

Elaborat obravnava prostore Mrežnega podjetniškega inkubatorja v Žalcu, v katerih je ustrezna zaščita pred hrupom ključna. Upoštevana so strokovna dognanja s področja gradbene in arhitekturne akustike in računski postopki, ki so v stroki ustaljeni. Predlagane rešitve so celovite in zagotovo dosežejo svoj namen samo, če so izvedene skladno z danimi navodili - v primeru odstopanj pri izvedbi potrebna ponovna strokovna ocena načrtovanih posegov.

Osnova za izdelavo elaborata je projektna dokumentacija (načrti, sestave konstrukcij in drugi podatki o objektu), posredovana s strani odgovornega projektanta. Elaborat je izdelan skladno s tehnično smernico *TSG-1-005:2012, Zaščita pred hrupom v stavbah* (v nadaljevanju: tehnična smernica), področnimi standardi ter normativi.

Obravnavan del objekta je opredeljen pod sledečo CC-SI klasifikacijo:
- 12203: Druge poslovne stavbe.

Predmet elaborata je ureditev pisarniških prostorov v 1. 2. in 3. nadstropju obstoječega večetažnega objekta (K+P+5N). Obstoječa konstrukcija objekta je armirano betonska z opečnimi predelnimi stenami. V sklopu projekta se prenovi celotno drugo nadstropje, ter posamezni prostori v 1. in 3. nadstropju. Novi prostori so pisarniške namembnosti s spremljevalnimi prostori (komunikacije, sanitarije, tehnični prostori...).

1.1. Tehnični in zakonski normativi

Elaborat smiselno upošteva sledeče tehnične normative:
- SIST EN 12354-1, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 1. del: Izolirnost pred zvokom v zraku med prostori,
- SIST EN 12354-2, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 2. del: Izolirnost pred udarnim zvokom med prostori,
- SIST EN 12354-3, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 3. del: Izolirnost pred zvokom v zraku iz zunanjosti,
- SIST EN 12354-6, Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 6. del: Absorpcija zvoka v zaprtih prostorih,
- DIN 4109, 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, 105/22 – ZZNŠPP, 133/23 in 85/24 – ZAID-A)
- Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 43/18, 59/19 in 44/22 – ZVO-2),
- 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, 61/17 – GZ in 199/21 – GZ-1).

1.2. 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 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).**

1.3. Mejne ravni notranjega hrupa

Ravni notranjega hrupa v objektu ne smejo presegati vrednosti, ki jih določa *Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu*. Iz tega je vzeta Tabela 2 iz katere razberemo kot dopustno raven hrupa vrednost **45 dB(A),** saj so določene pisarniške aktivnosti lahko klasificirane tudi kot najzahtevnejše mentalno delo. Pri tem upoštevamo vrednost iz stolpca b), saj ne pričakujemo hrupa proizvodnih virov.

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

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

a – velja za splošni hrup na delovnem mestu zaradi drugih proizvodnih virov v okolici delovnega mesta;

b – velja za hrup na delovnem mestu zaradi neproizvodnih virov (ventilacija, klimatizacija, sosednji obrati, hrup prometa ipd.);

1.4. Mejne vrednosti R_w' in $L_{n,w}'$ notranjih ločilnih elementov

Upoštevajoč namembnost prostorov so v preglednici 7 tehnične smernice podane zahteve za zvočno izolirnost (R_w') in maksimalno raven zvočnega tlaka udarnega zvoka ($L_{n,w}'$) notranjih ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

Tabela 3: Merodajne vrednosti R_w' in $L_{n,w}'$ za obravnavan objekt.

7.1	Stena med deli stavb različne namembnosti in prostori različnih uporabnikov	$R_w' \geq 52$ dB
7.2	Stena brez vrat med prostori za zahtevno delo in sejnimi sobami, muzejskimi prostori, knjižicami ter drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	$R_w' \geq 48$ dB
7.3	Stena brez vrat med drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	$R_w' \geq 46$ dB
7.6	Medetažne konstrukcije med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe	$R_w' \geq 52$ dB $L_{n,w}' \leq 58$ dB

2. Zaščita stavbe pred zunanjim hrupom

V sklopu projekta prenove prostorov se ne posega v fasadni ovoj stavbe na način, ki bi vplival na zvočno zaščito varovanih prostorov objekta, zato se zvočna zaščita pred zunanjim hrupom ne preverja.

3. Izolacija notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom v zraku

V tem razdelku računsko preverimo ustrezanje zahtevam zvočne izolirnosti notranjih ločilnih konstrukcij (poglavje 1.4), ki se nanašajo na obravnavani objekt. Računsko preverimo ločilne stene oz. medetažne konstrukcije katere, zaradi geometrijskih karakteristik, sestav mejne in stranskih konstrukcij ter zahtev tehnične smernice, definiramo kot merodajne.

Morebitne zahteve (npr. minimalna zvočna izolirnost konstrukcij/konstrukcijskih elementov, minimalna površinska masa konstrukcijskih slojev, ipd.) navedene v sklopu tega poglavja se nanašajo na notranje konstrukcije enakega tipa celotnega objekta, razen če je specificirano drugače. Pri tem je potrebno upoštevati tudi priporočila poglavja 7.

3.1. Betonske stene pisarniških prostorov

Preglednica 7 tehnične smernice podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

7.2	Stena brez vrat med prostori za zahtevno delo in sejnimi sobami, muzejskimi prostori, knjižicami ter drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	$R_w' \geq 48$ dB
7.3	Stena brez vrat med drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	$R_w' \geq 46$ dB

Ker je sestava sten, ki se pojavljajo na objektu enaka, naredimo izračun za ločilno konstrukcijo, kjer je zahteva najvišja (**$R'_w \geq 48$ dB**) in kjer pričakujemo največji prehod hrupa.

Kot merodajno konstrukcijo tako privzamemo 15 cm debelo betonsko steno med sejno sobo 1 in pisarno 1 v 2. nadstropju, dimenzij 7,5 m x 2,5 m.

Zvočna izolirnost posamezne konstrukcije

Za mejno konstrukcijo izračunamo zvočno izolirnost (R_w) po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1.

Zvočno izolirnost stranskih konstrukcij prav tako izračunamo ob uporabi enačbe B.5 standarda ISO 12354-1, enačb D.1 ali D.2 in tabele D.3 standarda ISO 12354-1. V primeru lahkih konstrukcij oz. konstrukcij za katere imamo na voljo podatke meritev, vrednosti pridobimo iz strokovne literature.

Dobljene vrednosti R_w in ΔR_w mejne in stranskih konstrukcij so navedene v tabeli 4.

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcij (Tabela 4) in izračunamo zvočno izolirnost za posamezne poti prenosa zvoka (Tabela 5) 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 4: Masa in zvočna izolirnost mejne in stranskih konstrukcij.

element	pozicija	mejni el.	oddajni prostor				sprejemni prostor			
	naziv	stena	stena 1	stena 2	tla	strop	stena 1'	stena 2'	tla'	strop'
	oznaka	(Dd)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1')	(2')	(3')	(4')
m_i	[kg/m^2]	330	330	45	288	288	330	45	288	288
$R_{i,w}$	[dB]	52	52	54	50	50	52	54	50	50
$\Delta R_{i,w}$	[dB]	/	/	/	10	/	/	/	10	/

Tabela 5: Zvočne izolirnosti za posamezne poti prenosa zvoka.

Pot prehoda	D ↓ d	1 ↓ 1'	2 ↓ 2'	3 ↓ 3'	4 ↓ 4'	D ↓ 1'	D ↓ 2'	D ↓ 3'	D ↓ 4'	1 ↓ d	2 ↓ d	3 ↓ d	4 ↓ d
Oznaka	$R_{Dd,w}$	$R_{11',w}$	$R_{22',w}$	$R_{33',w}$	$R_{44',w}$	$R_{D1',w}$	$R_{D2',w}$	$R_{D3',w}$	$R_{D4',w}$	$R_{1d,w}$	$R_{2d,w}$	$R_{3d,w}$	$R_{4d,w}$
$R_{Ff,w}$ [dB]	52	70	90	79	64	70	81	74	64	70	81	74	64

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

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

$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^{n} 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^{n} 10^{-R_{Fd,w}/10}\right) dB = \mathbf{51\ dB}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		NAJMANJŠA DOVOLJENA ZVOČNA IZOLIRNOST
51 dB	≥	48 dB
Zasnova ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti je pomembna pravilna izvedba prebojev in križanj z drugimi konstrukcijami. Steklene predelne stene proti hodniku morajo biti med prostori prekinjene z masivno (betonsko ali opečno) steno. V primeru sanacije prebojev (npr. zapiranje vratnih odprtin) in drugih posegov v obstoječo konstrukcijo objekta, morajo biti le-ti izvedeni z ločilno konstrukcijo, ki dosega enako ali boljšo zvočno izolirnost kot osnovna stena (t.j. vsaj 52 dB). Pri tem je potrebno upoštevati tudi priporočila poglavja 7.

3.2. Suhomontažna stena med sejno sobo in večnamenskim prostorom

Preglednica 7 tehnične smernice podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

7.2	Stena brez vrat med prostori za zahtevno delo in sejnimi sobami, muzejskimi prostori, knjižicami ter drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	$R_w' \geq 48$ dB
7.3	Stena brez vrat med drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	$R_w' \geq 46$ dB

Ker je sestava sten, ki se pojavljajo na objektu enaka, naredimo izračun za ločilno konstrukcijo, kjer je zahteva najvišja (**$R'_w \geq 48$ dB**) in kjer pričakujemo največji prehod hrupa.

Kot merodajno konstrukcijo tako privzamemo suhomontažno steno med sejno sobo 2 in večnamenskim prostorom v pritličju, dimenzij 4,2 m x 2,8 m. Obravnavana konstrukcija je debeline 16,5 cm s sestavo:

- 2,5 cm / dvoslojna obloga iz mavčnih plošč (2 x 1,25 cm)
- 5 cm / kovinska podkonstrukcija z mineralno volno
- 1,25 cm / obloga iz mavčnih plošč
- 0,25 cm / zračni prostor
- 5 cm / kovinska podkonstrukcija z mineralno volno
- 2,5 cm / dvoslojna obloga iz mavčnih plošč (2 x 1,25 cm)

Zvočna izolirnost posamezne konstrukcije

Predvidena sestava je primerljiva sestavi po sistemu W115 proizvajalca Knauf, debeline 15,5 cm (klasične gradbene plošče). Zvočna izolirnost konstrukcije je tako pridobljena iz podatkov meritev [2].

Zvočno izolirnost stranskih konstrukcij izračunamo ob uporabi enačbe B.5 standarda ISO 12354-1, enačb D.1 ali D.2 in tabele D.3 standarda ISO 12354-1. V primeru lahkih konstrukcij oz. konstrukcij za katere imamo na voljo podatke meritev, vrednosti pridobimo iz strokovne literature.

Dobljene vrednosti R_w in ΔR_w mejne in stranskih konstrukcij so navedene v tabeli 6.

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcij (Tabela 6) in izračunamo zvočno izolirnost za posamezne poti prenosa zvoka (Tabela 7) 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 6: Masa in zvočna izolirnost mejne in stranskih konstrukcij.

element	pozicija	mejni el.	oddajni prostor				sprejemni prostor			
	naziv	stena	stena 1	stena 2	tla	strop	stena 1'	stena 2'	tla'	strop'
	oznaka	(Dd)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1')	(2')	(3')	(4')
m_i	[kg/m^2]	45	396	186	288	288	396	550	288	288
$R_{i,w}$	[dB]	67	55	43	50	50	55	61	50	50
$\Delta R_{i,w}$	[dB]	/	/	/	10	/	/	/	10	/

Tabela 7: Zvočne izolirnosti za posamezne poti prenosa zvoka.

Pot prehoda	D ↓ d	1 ↓ 1'	2 ↓ 2'	3 ↓ 3'	4 ↓ 4'	D ↓ 1'	D ↓ 2'	D ↓ 3'	D ↓ 4'	1 ↓ d	2 ↓ d	3 ↓ d	4 ↓ d
Oznaka	$R_{Dd,w}$	$R_{11',w}$	$R_{22',w}$	$R_{33',w}$	$R_{44',w}$	$R_{D1',w}$	$R_{D2',w}$	$R_{D3',w}$	$R_{D4',w}$	$R_{1d,w}$	$R_{2d,w}$	$R_{3d,w}$	$R_{4d,w}$
$R_{Ff,w}$ [dB]	67	83	79	87	73	87	91	91	81	87	77	91	81

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

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

$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^{n} 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^{n} 10^{-R_{Fd,w}/10}\right) dB = \mathbf{65\ dB}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		NAJMANJŠA DOVOLJENA ZVOČNA IZOLIRNOST
65 dB	≥	48 dB
Zasnova ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti je pomembna pravilna izvedba prebojev in križanj z drugimi konstrukcijami, pri čemer naj se sledi priporočilom poglavja 0.

3.3. Opečna stena proti skupnemu stopnišču

Preglednica 7 tehnične smernice podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

7.1 Stena med deli stavb različne namembnosti in prostori različnih uporabnikov $R_w' \geq 52$ dB

Kot merodajno konstrukcijo tako privzamemo steno med sejno sobo 2 in skupnim hodnikom v pritličju, dimenzij 8 m x 2,8 m. Obravnavana konstrukcija je debeline 30 cm s sestavo:

- 22 cm / ometana opečna stena – modularni blok ($\rho \geq 750$ kg/m^3)
- 5 cm / kovinska podkonstrukcija z mineralno volno
- 2,5 cm / dvoslojna obloga iz mavčnih plošč (2 x 1,25 cm)

Zvočna izolirnost posamezne konstrukcije

Za mejno konstrukcijo izračunamo zvočno izolirnost (R_w) po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1. Izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnih slojev (ΔR_w) določimo z enačbo D.2 in ob uporabi tabele D.3 standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo površinsko maso dodatnega sloja m'_2 = 20 kg/m^2.

Zvočno izolirnost stranskih konstrukcij prav tako izračunamo ob uporabi enačbe B.5 standarda ISO 12354-1, enačb D.1 ali D.2 in tabele D.3 standarda ISO 12354-1. V primeru lahkih konstrukcij oz. konstrukcij za katere imamo na voljo podatke meritev, vrednosti pridobimo iz strokovne literature.

Dobljene vrednosti R_w in ΔR_w mejne in stranskih konstrukcij so navedene v tabeli 8.

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcij (Tabela 8) in izračunamo zvočno izolirnost za posamezne poti prenosa zvoka (Tabela 9) 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 8: Masa in zvočna izolirnost mejne in stranskih konstrukcij.

element	pozicija	mejni el.	oddajni prostor				sprejemni prostor			
	naziv	stena	stena 1	stena 2	tla	strop	stena 1'	stena 2'	tla'	strop'
	oznaka	(Dd)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1')	(2')	(3')	(4')
m_i	[kg/m^2]	186	45	186	288	288	/	550	288	288
$R_{i,w}$	[dB]	43	54	43	50	50	/	61	50	50
$\Delta R_{i,w}$	[dB]	18	/	/	10	/	/	/	10	/

Tabela 9: Zvočne izolirnosti za posamezne poti prenosa zvoka.

Pot prehoda	D ↓ d	1 ↓ 1'	2 ↓ 2'	3 ↓ 3'	4 ↓ 4'	D ↓ 1'	D ↓ 2'	D ↓ 3'	D ↓ 4'	1 ↓ d	2 ↓ d	3 ↓ d	4 ↓ d
Oznaka	$R_{Dd,w}$	$R_{11',w}$	$R_{22',w}$	$R_{33',w}$	$R_{44',w}$	$R_{D1',w}$	$R_{D2',w}$	$R_{D3',w}$	$R_{D4',w}$	$R_{1d,w}$	$R_{2d,w}$	$R_{3d,w}$	$R_{4d,w}$
$R_{Ff,w}$ [dB]	61	/	69	75	60	/	94	83	78	92	80	83	78

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

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

$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^{n} 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^{n} 10^{-R_{Fd,w}/10}\right) dB = \mathbf{57\ dB}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		NAJMANJŠA DOVOLJENA ZVOČNA IZOLIRNOST
57 dB	≥	52 dB
Zasnova ločilne konstrukcije je ustrezna.		

V primeru da so obstoječe stene izvedene iz lažjega materiala, kot je modularna opeka (npr. penobeton), potem je potrebno dodatno stensko oblogo izvesti na obeh straneh stene, oziroma steno porušiti in

nadomestiti z ločilno konstrukcijo, ki dosega zvočno izolirnost vsaj R_w = 54 dB. Pri tem je potrebno upoštevati tudi priporočila poglavja 7.

3.4. Medetažna konstrukcija med pisarniškimi prostori

Preglednica 7 tehnične smernice podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

7.6	Medetažne konstrukcije med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe	$R_w' \geq 52$ dB

Kot merodajno konstrukcijo tako privzamemo medetažno konstrukcijo med pisarno 4 v 2. nadstropju in pisarno 3 v 1. nadstropju, dimenzij 2,55 m x 7,5 m. Obravnavana konstrukcija je debeline 21 cm s sestavo:
- 1 cm / finalni tlak
- 5 cm / stiroestrih ($\rho \geq 1000$ kg/m^3)
- 4 cm / zvočna izolacija ($s_D \leq 30$ MN/m^3)
- 12 cm / AB plošča ($\rho \geq 2400$ kg/m^3)

Zvočna izolirnost posamezne konstrukcije

Za mejno konstrukcijo izračunamo zvočno izolirnost (R_w) po enačbi B.5 standarda ISO 12354-1. Izboljšanje izolirnosti zaradi dodatnega sloja (ΔR_w) določimo z enačbo D.1 in ob uporabi tabele D.3 standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo površinsko maso dodatnega sloja m'_2 = 50 kg/m^2 in dinamično togost sloja zvočne izolacije $s_D \leq 30$ MN/m^3.

Zvočno izolirnost stranskih konstrukcij podobno izračunamo ob uporabi enačbe B.5 standarda ISO 12354-1, enačb D.1 ali D.2 in tabele D.3 standarda ISO 12354-1. V primeru lahkih konstrukcij oz. konstrukcij za katere imamo na voljo podatke meritev, vrednosti pridobimo iz strokovne literature.

Dobljene vrednosti R_w in ΔR_w mejne in stranskih konstrukcij so navedene v tabeli 10.

Stranski prenos

Stranski prenos izračunamo po primeru H.3 iz standarda ISO 12354-1. Pri tem upoštevamo lastnosti obravnavanih konstrukcij (Tabela 10) in izračunamo zvočno izolirnost za posamezne poti prenosa zvoka (Tabela 11) 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 10: Masa in zvočna izolirnost mejne in stranskih konstrukcij.

element	pozicija	mejni el.	oddajni prostor				sprejemni prostor			
	naziv	med. konst.	stena 1	stena 2	stena 3	stena 4	stena 1'	stena 2'	stena 3'	stena 4'
	oznaka	(Dd)	(1)	(2)	(3)	(4)	(1')	(2')	(3')	(4')
m_i	[kg/m^2]	288	330	45	330	330	330	45	330	330
$R_{i,w}$	[dB]	50	52	37	52	52	52	37	52	52
$\Delta R_{i,w}$	[dB]	7	/	/	/	/	/	/	/	/

Tabela 11: Zvočne izolirnosti za posamezne poti prenosa zvoka.

Pot prehoda	D ↓ d	1 ↓ 1'	2 ↓ 2'	3 ↓ 3'	4 ↓ 4'	D ↓ 1'	D ↓ 2'	D ↓ 3'	D ↓ 4'	1 ↓ d	2 ↓ d	3 ↓ d	4 ↓ d
Oznaka	$R_{Dd,w}$	$R_{11',w}$	$R_{22',w}$	$R_{33',w}$	$R_{44',w}$	$R_{D1',w}$	$R_{D2',w}$	$R_{D3',w}$	$R_{D4',w}$	$R_{1d,w}$	$R_{2d,w}$	$R_{3d,w}$	$R_{4d,w}$
$R_{Ff,w}$ [dB]	57	66	72	64	64	73	77	71	71	73	77	71	71

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

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

$$R'_w = -10\log\left(10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^{n} 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^{n} 10^{-R_{Fd,w}/10}\right) dB = \mathbf{54\ dB}$$

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		NAJMANJŠA DOVOLJENA ZVOČNA IZOLIRNOST
54 dB	≥	52 dB
Zasnova ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti medetažne konstrukcije je pomembna pravilna izvedba plavajočega poda, instalacijskih vertikal in prehodov instalacij (glej priporočila poglavja 5 in 7).
V primeru zapiranja obstoječih prebojev je potrebno konstrukcijo sanirati na način, ki dosega enako ali boljšo zvočno izolirnost kot obstoječa konstrukcija.

4. Izolacija konstrukcije pred udarnim hrupom

V nadaljevanju preverimo ustrezanje zahtevam glede največje dovoljene ovrednotene ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka obravnavanih medetažnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu (poglavje 1.4). Izračune izdelamo za medetažne konstrukcije katere, zaradi geometrijskih karakteristik, sestav mejne in stranskih konstrukcij ter zahtev tehnične smernice, definiramo kot merodajne.

Morebitne zahteve (npr. minimalna površinska masa konstrukcijskih slojev, dinamična togost sloja zvočne izolacije ipd.) navedene v sklopu tega poglavja se nanašajo na notranje konstrukcije enakega tipa celotnega objekta, razen če je specificirano drugače. Pri tem je potrebno upoštevati tudi priporočila poglavja 7.

4.1. Medetažna konstrukcija med pisarniškimi prostori

Preglednica 7 tehnične smernice podaja zahteve za največje dovoljene ovrednotene ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka, za ločilne konstrukcije, ki se pojavljajo na objektu:

7.6	Medetažne konstrukcije med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe	$L_{n,w}' \leq 58$ dB

Izračun naredimo za medetažno konstrukcijo med pisarno 4 v 2. nadstropju in pisarno 3 v 1. nadstropju, kjer je možnost prehoda udarnega zvoka največja.

Po projektu je predvidena sledeča ločilna konstrukcija:
- 1 cm / finalni tlak
- 5 cm / stiroestrih ($\rho \geq 1000$ kg/m^3)
- 4 cm / zvočna izolacija ($s_D \leq 30$ MN/m^3)
- 12 cm / AB plošča ($\rho \geq 2400$ kg/m^3)

Za izračun direktne komponente ovrednotene normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka ($L'_{n,d,w}$) uporabimo enačbo (15) standarda ISO 12354-2, pri čemer upoštevamo vhodne podatke iz tabele 12.

Tabela 12: Lastnosti mejne in stranskih konstrukcij.

element	pozicija	mejni el.	stranske konstrukcije			
	naziv	med.k.	stena 1'	stena 2'	stena 3'	stena 4'
	oznaka	(Dd)	(1')	(2')	(3')	(4')
m_i	[kg/m^2]	288	330	45	330	330
$R_{w,i}$	[dB]	50	52	37	52	52
$\Delta R_{w,i}$	[dB]	7	/	/	/	/
s'	MN/m^3	30	/	/	/	/
m'_2	kg/m^2	50	/	/	/	/

Z uporabo enačbe (16) istega standarda izračunamo vrednosti ovrednotene normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka stranskih konstrukcij ($L'_{n,ij,w}$) in s tem upoštevamo vpliv stranskega prenosa na vrednost udarnega zvoka. Vhodni podatki za izračun posameznih vrednosti $L'_{n,ij,w}$ so navedeni v tabeli 12, pri čemer faktorje dušenja vibracij določimo skladno s postopkom opisanim v dodatku E standarda ISO 12354-1.

Ovrednoteno normirano raven zvočnega tlaka udarnega zvoka tako izračunamo po enačbi (18) standarda ISO 12354-2:

$$L'_{n,w} = 10\log\left(10^{L_{n,d,w}/10} + \sum_{j=1}^{n} 10^{L_{n,ij,,w}/10}\right) dB = \mathbf{56\ dB}$$

IZRAČUNANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA ZARADI UDARNEGA ZVOKA		NAJVIŠJA DOVOLJENA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA ZARADI UDARNEGA ZVOKA
56 dB	≤	58 dB
Zasnova ločilne konstrukcije je ustrezna.		

Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti medetažne konstrukcije je pomembna pravilna izvedba plavajočega poda, doseganje minimalne površinske mase estriha ter maksimalne dinamične togosti zvočne izolacije, predpisane v sklopu predvidene sestave (glej tudi priporočila poglavja 7).

5. Izolacija pred hrupom obratovalne opreme

Za objekte obravnavane namembnosti tehnična smernica ne določa mejnih ravni hrupa, ki ga povzroča obratovalna oprema. Kljub temu je priporočljiva ustrezna izvedba strojnih inštalacij na objektu za katere priporočamo, da ne presežejo maksimalne ravni hrupa L_{AFmax} = 40 dB(A).

Izbira obratovalne opreme in zasnova tehničnih prostorov

Primarni ukrepi za varovanje pred hrupom obratovalne opreme je izbira čim tišjih naprav, kar je ključno predvsem pri izbiri prezračevalnih naprav oz. klimatov, ventilatorskih konvektorjev, toplotnih črpalk, hladilnih agregatov 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 (strojnice) objekta ne smejo mejiti na tihe prostore, mejne konstrukcije le-teh naj so masivne in visoko zvočno izolirne (vsaj R_w = 57 dB). Pomembno je, da so tehnični prostori zadostne velikosti glede na predvideno obratovalno opremo, razvode instalacij, morebitne dušilne elemente in druge akustične ukrepe (npr. umestitev zvočno absorpcijskih oblog in antivibracijskih elementov). Dostop v tehnične prostore naj se izvede preko ločenega hodnika oz. zvokolova – direkten dostop v tehnične prostore iz varovanih prostorov objekta se odsvetuje. V vsakem primeru je pomembno zagotoviti kvalitetno stavno pohištvo z ustreznim tesnjenjem vratnega krila z okvirjem ter tako preprečiti uhajanje zvoka skozi zračne reže. Jaški za dvigala in instalacijske povezave morajo biti prav tako izvedene iz visoko zvočno izolirne konstrukcije ($R_w' \geq$ 57 dB).

Skupen 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. Zvočno absorpcijske obloge naj so enakomerno razporejene po prostoru in umeščene tako na področje sten kot tudi stropa. Priporočljivo je, da se v prostor vnese zvočno absorpcijske obloge vsaj v površini tlorisne površine prostora. Običajna debelina akustičnih oblog je vsaj 10 cm.

V primeru, da so hrupne obratovalne naprave umeščene na zunanje površine ob objektu oziroma na območje strehe se po potrebi izvede protihrupna pregrada ustrezne sestave in dimenzij, katere se določi glede na karakteristike tehnične opreme in bližino okoliških objektov. V primeru prezračevalnih naprav se po potrebi umesti dušilne elemente na kanale za zajem in izpih zraka.

Poleg obvladovanja hrupa, ki se širi po zraku je pomembno tudi obvladovanje hrupa, ki se širi po konstrukciji. Naprave morajo biti zato umeščene na ustrezne antivibracijske podstavke oziroma namensko vibracijsko ločene konstrukcije. Antivibracijski sloj mora biti dimenzioniran ob upoštevanju frekvenčnega spektra delovanja vgrajene naprave ter mase naprave in morebitnega podstavka naprave. Pri tem je pomembno, da se doseže lastna frekvenca celotnega sistema pod 10 Hz.

Razvod instalacij po objektu

Za zmanjšanje prenosa hrupa med varovanimi prostori preko prebojev razvodov je ključna ustrezna zasnova instalacij. Razvodi naj potekajo ločeno do vsakega varovanega prostora, po možnosti po prostorih z manjšim oziroma nadzorovanim hrupom.

Instalacijske vertikale/jaški naj ne mejijo na varovane prostore. V primeru, da takšna zasnova ni mogoča, morajo biti jaški izvedeni iz masivnega in visoko zvočno izolirnega materiala, v ločilni konstrukciji vertikale naj se izvede čim manjše število prebojev, ki so ustrezno zatesnjeni, na steni s preboji iz varovanega prostora v vertikale pa naj se izvede dodatna instalacijska ravnina. Vsi jaški in vertikale imajo praviloma tudi revizijske ali osebne dostope, katerih lokacija in izvedba mora biti prilagojena zahtevam zvočne zaščite ločilne konstrukcije, kjer se ti stavbni elementi nahajajo. Priporočeno je, da se revizijske dostope umešča v prostore, kjer visoka raven zvočne zaščite ni zahtevana (npr. hodniki).

Instalacijski preboji izrazito poslabšajo zvočno izolirnost, zato je ključna kvalitetna izvedba le-teh. Vsi preboji morajo biti zato ustrezno zatesnjeni z masivnim ($\rho \geq 1000$ kg/m^3) in trajno elastičnim materialom. Lokalne razvode instalacij naj se izvaja v sklopu instalacijskih ravnin oz. spuščenih stropov. Preboji elektro instalacij (vtičnice, stikala) naj se ne nahajajo na enakih mestih na obeh straneh stene, vendar naj so vedno zamaknjeni. Preboje v konstrukcijah z instalacijsko polico ali parapetnim kanalom se odsvetuje.

Prezračevalni sistem mora biti zasnovan na način, ki ne povzroča dodatnega hrupa v prostoru in ne omogoča prenosa hrupa iz enega v drug prostor:

- Za zmanjšanje prenosa hrupa med varovanimi prostori preko prebojev prezračevalnih kanalov naj kanali potekajo ločeno do vsakega varovanega prostora, oz. naj se na prehod med prostore umesti dušilni element.
- Na kanalske razvode je potrebno umestiti ustrezne zvočno dušilne elemente, prilagojene karakteristikam hrupa na kanalu in zahtevam glede maksimalne ravni zvočnega tlaka v varovanih prostorih. Po potrebi se izvede dodatna zvočno izolirna obloga dušilnega elementa in priključenega kanala, za preprečevanje prehoda hrupa preko sten kanala/dušilca.
- Stike med elementi preboja in konstrukcijo se zatesni z masivnim ($\rho \geq 1000$ kg/m^3) in trajno elastičnim materialom.
- Razvode naj se izvede znotraj spuščenega stropa oz. instalacijske ravnine z namenom zmanjševanja prenosa hrupa preko samih kanalov in prebojev.
- Kanalski razvod naj se na distribucijske elemente v prostoru priključi preko fleksibilnega zvočno absorpcijskega - dušilnega elementa.
- Z namenom zmanjševanja aerodinamičnega hrupa naj bo hitrost zraka čim nižja in konstantna, pri zasnovi instalacijskih razvodov pa se je potrebno izogibati nenadnim spremembam smeri in preseka.
- V primeru objektov, kjer je zahtevana izredno visoka raven zvočne zaščite med prostori oz. je pričakovana visoka raven hrupa prezračevanja znotraj kanalov je priporočljivo, da se kanalske razvode na konstrukcijo pritrjuje preko mehkih – antivibracijskih elementov, ki preprečujejo prenos zvoka in vibracij tudi po konstrukciji.

Vsi ukrepi se nanašajo tako na dovodni kot tudi odvodni kanal, po potrebi pa se dušilne elemente predvidi tudi za kanalih za zajem in izpih.

V primeru cevnih razvodov (vodovod, kanalizacija…) je, poleg že opisanih ukrepov za razvode in prehode, za preprečevanje širjenja hrupa po konstrukciji objekta (strukturni hrup) običajno zadovoljiv ukrep umestitev elementov razvoda iz ustreznega materiala (npr. plastika), po katerem prenos vibracij ni tako izrazit. Po potrebi se na cevne razvode (na prehodih v varovane prostore) umesti tudi fleksibilne/antivibracijske elemente, na konstrukcijo pa se jih lahko pritrjuje preko mehkih – antivibracijskih spojev.

6. Obvladovanje odmevnega hrupa

Tehnična smernica ne podaja zahtev za optimalno vrednost odmevnega časa za obravnavano namembnost prostorov. Kljub temu svetujemo, da se zagotovi primerno akustično okolje v **delovnih prostorih**, saj lahko odmevni hrup neugodno vpliva na počutje in zdravje uporabnikov prostora. Priporočamo, da se z vnosom zvočno absorpcijskega materiala, kot npr. zvočno absorpcijskih stropnih ali stenskih oblog, oblazinjenega pohištva, gosto tkanih zaves ali preprog zagotovi zaščita pred odmevnim hrupom in ustrezno akustično okolje v obravnavanih prostorih.

6.1. Pisarne in sejne sobe

V pisarniških prostorih je obvladovanje odmevnega zvoka pomembno za zagotavljanje ustreznega delovnega okolja, v sejnih sobah pa je pomembno tudi zagotavljanje ustrezne razumljivosti govora – predvsem z vidika izvedbe videokonferenc. Skladno s arhitekturnim predlogom je v pisarnah predvidena izvedba zvočno absorpcijskega spuščenega stropa (perforirane mavčne plošče). Zvočno absorpcijske stropne obloge naj dosegajo minimalne vrednosti koeficienta absorpcije skladno s tabelo 13.

Za doseganje ustreznih akustičnih lastnosti morajo perforirane mavčne dosegati minimalne vrednosti koeficientov absorpcije (skladno s področnim merilnim standardom ISO 354), navedene v tabeli 13.

Tabela 13: Upoštevane vrednosti koeficientov absorpcije α za perforirane mavčne obloge.

oktavni pas [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
α	0,35	0,55	0,65	0,65	0,60	0,50

6.2. Komunikacijski prostori

Z akustično zasnovo avle in drugih komunikacijskih hodnikov, kjer daljše zadrževanje uporabnikov ni predvideno stremimo predvsem k zmanjšanju odmevnega hrupa v prostoru. Z zniževanjem odmevnega časa prostorov dosežemo tudi manjši prenos hrupa proti varovanim prostorom. Priporočamo izbiro absorpcijskih oblog s koeficientom absorpcije $\alpha \geq 0{,}5$ v oktavnih pasovih 250 Hz – 2000 Hz, v skupni količini vsaj tlorisne površine prostora.

6.3. Tehnični prostori

V tehničnih prostorih daljše zadrževanje ljudi ni predvideno, zato je smiselno pozornost akustični zasnovi posvetiti šele v primeru, ko se hrup iz tehničnega prostora prekomerno širi v druge, mirnejše prostore. Z vnosom zvočno absorpcijskih elementov v prostor lahko namreč znižamo raven hrupa v prostoru za tudi do 10 dB. 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. Glavne ugotovitve in splošne smernice

V sklopu poglavja so povzete glavne ugotovitve elaborata zaščite pred hrupom. Poleg le-teh je potrebno slediti tudi priporočilom tehnične smernice.

Ker gre za obstoječi objekt je potrebno v primeru, da obstoječe konstrukcije niso skladne s predvidevanimi potrebno ponovno oceniti predlagane rešitve.

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.
Za doseganje zahtevane ravni zvočne izolirnosti proti udarnemu hrupu mora imeti vgrajena zvočna izolacija dinamično togost $S_D \leq 30$ MN/m³ estrih pa minimalno površinsko maso m' = 50 kg/m².
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.

Plavajoči pod naj bo prekinjen med prostori – pri izvedbi lahkih sten na estrihu, se zvočna izolirnost izrazito poslabša v primerjavi z izvedbo predelne stene do nosilne konstrukcije, zato izvedba sten na estrihu ni ustrezna rešitev za doseganje visoke zvočne izolirnosti.

Vertikalne ločilne konstrukcije

Pri izvedbi predelnih sten je pomembna pravilna izvedba stika s preostalimi konstrukcijami, še posebej v primeru lahkih (suhomontažnih) ločilnih konstrukcij. Vertikalni in horizontalni stiki predelnih sten naj bodo zrakotesno zaprti in izvedeni po navodilih proizvajalca. Pri tem je pomembna ustrezna identifikacija varovanih prostorov in izvedba ustreznih detajlov stikov, z namenom zagotavljanja zahtevane zvočne zaščite in preprečevanja stranskega prenosa.

V primeru stika s horizontalnimi konstrukcijami morajo vertikalne ločilne konstrukcije potekati do masivne nosilne konstrukcije – spuščeni strop in plavajoči pod mora biti med prostori prekinjena.

Suhomontažne predelne stene izvedene z mavčnimi ploščami naj so vedno dvoslojne, vsak sloj mora biti zakitan in bandažiran, da se ustvari zrakotesna zapora.
Pri suhomontažnih stenah 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.

Izvedba steklenih sten je primerna predvsem med prostori, kjer visoka raven zvočne zaščite ni ključna. Za doseganje ustrezne zvočne izolirnosti upoštevajoč zahteve projekta so pomembne karakteristike celotnega sistema steklenih sten - zvočna izolirnost zasteklitve, polnih elementov in vratnega krila ter izvedba ustreznih okvirjev in tesnjenja. Za doseganje minimalne zvočne izolirnosti mora sistem steklene stene (brez vrat) dosegati $R_w \geq 37$ dB, vratni sistem pa $R_w \geq 32$ dB, priporočljivo pa je, da so vrednosti še za vsaj 5 dB višje. Pri tem je ključno zagotavljanje kvalitetnega tesnjenje vratnega krila z okvirjem podboja, v primeru steklenih vratnih kril pa je nujna izvedba okvirja okoli steklenega krila. Z namenom preprečevanja stranskega prenosa mora biti sistem steklenih sten med prostori ločen oziroma mora dosegati ustrezno visoko maso in zvočno izolirnost.

Vrata

Za doseganje ustrezne zvočne izolirnosti priporočamo, da vsa vhodna vrata, ki vodijo iz skupnega hodnika v varovane prostore dosegajo zvočno izolirnost **vsaj $R_w \geq 32$ dB**. Pri tem je pomembno zagotoviti dobro

tesnjenje vratnega krila z okvirjem in tako preprečiti uhajanje zvoka skozi zračne reže – priporočljiva je izvedba dvojnega tesnjenja bo obodu vrat in spustnega tesnila (giljotine) na pragu.

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 spuščenega 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 lahkih vertikalnih konstrukcij morajo biti tudi tovrstni manjši preboji ustrezno detajlno obdelani in zatesnjeni, da se prepreči prenos zvoka.

Vertikalne komunikacije

Zmanjšanje udarnega hrupa na stopniščih na priporočeno vrednost $L'_{n,w} \leq 58$ dB je mogoče doseči z različnimi ukrepi:

- v celoti ločeno konstrukcijo stopnišča, ki ni v kontaktu z vertikalno ali horizontalno konstrukcijo objekta,
- izvedbo zvočno izolirnih priključkov med elementi stopnišča (stopniščna rama, podest) in konstrukcijo objekta,
- izvedbo plavajočega poda na podestih, izvedbo zračne reže med stopniščno ramo in vertikalno konstrukcijo objekta in zvočno izolirnega priključka med stopniščno ramo in horizontalno konstrukcijo objekta,
- umestitvijo talne obloge (npr. tapison), ki učinkovito zmanjšuje raven udarnega zvoka
- kombinacijo zgoraj naštetih ukrepov.

Hrup dvigal se najbolj učinkovito obvladuje z ustrezno izbiro same naprave. Kljub temu mora biti jašek dvigala izveden iz masivne konstrukcije, ki preprečuje prenos zvoka in vibracij v sosednje prostore. Izhod iz dvigala naj bo izveden v hodnik oziroma predprostor in ne direktno v bivalne oziroma delovne prostore.

Zasnova instalacij in hrup obratovalne opreme

Obratovalna oprema pogosto predstavlja nepotreben vir hrupa, neustrezna zasnova instalacij pa omogoča dodatno širjenje hrupa po objektu, zato je ustrezna zasnova obratovalne opreme in instalacij na objektu ključna. Splošni napotki glede zagotavljanja ustrezne zaščite pred hrupom obratovalne opreme so podani v sklopu poglavja 5.

Odmevni hrup

Odmevni hrup lahko neugodno vpliva na počutje in zdravje uporabnikov prostora, vpliva na dvig ravni hrupa v prostoru in prenos hrupa med prostori zato svetujemo, da se z vnosom zvočno absorpcijskega materiala, kot npr. perforiranih akustičnih oblog, akustičnega spuščenega stropu in drugih vrst akustičnih oblog zagotovi zaščita pred odmevnim hrupom in ustrezno akustično okolje v obravnavanih prostorih.

Splošni napotki glede akustične ureditve prostorov so podani v sklopu poglavja 6.

8. Izkaz o zaščiti pred hrupom

Izkaz o zaščiti pred hrupom je priložen ob koncu poročila.

9. Literatura

[1] Atlas okolja: http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/

[2] Knauf podatki meritev: W11.at Knauf Metallständerwände, L 001.at-05.15