GEOPLAN

INVESTITORJA / NAROČNIKA

PGD Dole pri Litiji
Dole pri Litiji 8
SI-1273 Dole pri Litiji

OBČINA LITIJA
Jerebova 14
SI-1270 Litija

OBJEKT

VEČNAMENSKI - IZOBRAŽEVALNI OBJEKT DOLE

VRSTA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

ELABORAT ZAŠČITE PRED HRUPOM V STAVBAH

Dokazovanje izpolnjevanja bistvenih zahtev zaščite pred hrupom

PZI

ZA GRADNJO

NOVOGRADNJA

PROJEKTANT

GEOPLAN d.o.o.
Glavni trg 21,
1240 Kamnik
IZS-1504

VODJA PROJEKTIRANJA

PA HELENA KOVAČ, univ. dipl. inž. arh.
0745 A

HELENA KOVAČ
UNIV.DIPL.INŽ.ARH.
POOBLAŠČENA ARHITEKTKA,
POOBLAŠČENA PROSTORSKA NAČRTOVALKA
PA PPN ZAPS 0745

ŠTEVILKA ELABORATA

001/2023

ŠTEVILKA IZVODA

1 2 3 4 A

KRAJ IN DATUM IZDELAVE

Kamnik, maj 2024

VSEBINA

VSEBINA **2**

1. IZHODIŠČA IN MEJNE VREDNOSTI **3**

1.1 TEHNIČNI IN ZAKONSKI NORMATIVI 3
1.2 MEJNE RAVNI ZUNANJEGA HRUPA 3
1.3 MEJNE RAVNI NOTRANJEGA HRUPA 4
1.4 MEJNE VREDNOSTI $\mathbf{Rw'}$ IN $\mathbf{Ln,w'}$ NOTRANJIH LOČILNIH ELEMENTOV 5

2. ZAŠČITA STAVBE PRED ZUNANJIM HRUPOM **5**

2.1 ZVOČNA IZOLIRNOST FASADE 5

3. IZOLACIJA NOTRANJIH LOČILNIH KONSTRUKCIJ PRED HRUPOM V ZRAKU **8**

3.1 MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA MED VEČNAMENSKO DVORANO IN UPRAVNIMI PROSTORI 8

4. IZOLACIJA KONSTRUKCIJE PRD UDARNIM HRUPOM **10**

4.1 MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA MED VEČNAMENSKO DVORNAO IN UPRAVNIMI PROSTORI 10

5. OBVLADOVANJE ODMEVNEGA HRUPA **12**

5.1 ODMEVNI ČAS V VEČNAMENSKI DVORANI 12
5.2 ODMEVNI ČAS V SKUPNI SOBI GASILCEV 13
5.3 ODMEVNI ČAS V RAZGIBOVALNEM HODNIKU 13

6. GLAVNE UGOTOVITVE IN SPLOŠNE SMERNICE **14**

7. IZKAZ O ZAŠČITI PRED HRUPOM **16**

8. LITERATURA **16**

1. IZHODIŠČA IN MEJNE VREDNOSTI

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 objekt je opredeljen pod sledečo CC-SI klasifikacijo:
- 12630: Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo

Predmet elaborata je 2-etažni večnamenski izobraževalni objekt Dole(K+P). Konstrukcija objekta je v kletni etaži armirano betonska, v pritlični etaži pa lesena. V kleti so predvideni prostori za PGD Dole pri Litiji, v pritličju pa dvorana/telovadnica in garderobe.

1.1 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 zunanjosti,
- 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 in 105/22 - ZZNŠPP)
- 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).

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).

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

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

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

Mejne vrednosti ekvivalentne ravni notranjega hrupa L_{Aeq} so določene glede na namembnost prostora in del dneva v tehnični smernici so zapisane v tabeli 2.

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

Namembnost prostora	Mejne 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, internatiipd.)	35	33	30
Bolniške sobe	30	30	30
Ambulante, ordinacije, operacijski prostori	35	35	35
Učilnice, predavalnice, delovni in študijskikabineti, knjižnice, čitalnice ipd.	35	35	35

Namembnost prostorov obravnavanega objekta sodi med večnamenske-izobraževalne, zato kot mejno vrednost notranjega hrupa upoštevamo $L_{Aeq,dan}$= 35 dB(A).

1.4 MEJNE VREDNOSTI R'_w IN $L'_{n,w}$ NOTRANJIH LOČILNIH ELEMENTOV

Upoštevajoč namembnost prostorov so v preglednici 9 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:

9.1	Stena med učilnicama, stena med učilnico in kabinetom, stena med učilnico in prostorom za druge namene. Opomba: stena med šolsko telovadnico in upravnimi prostori	$R'_w \geq 52$ dB
9.12	Vse medetažne konstrukcije, razen konstrukcij 9.13, 9.14, 9.15, 9.16	$R'_w \geq 52$ dB $L'_{n,w} \geq 58$ dB

Tabela 3: Merodajne vrednosti R'_w in $L'_{n,w}$ za obravnavan objekt.

2. ZAŠČITA STAVBE PRED ZUNANJIM HRUPOM

Zvočno zaščito objekta pred vdorom zunanjega hrupa preverimo za merodajno konstrukcijo/merodajne konstrukcije stavbnega ovoja, kjer, zaradi geometrijskih karakteristik prostorov in lastnosti ločilnih konstrukcij, pričakujemo najnižjo raven zvočne zaščite in posledično največje prehajanje hrupa v objekt. Morebitne zahteve (npr. minimalna zvočna izolirnost elementov fasade, minimalna površinska masa konstrukcijskih slojev, ipd.) navedene v sklopu tega poglavja se nanašajo na celoten objekt, razen če je specificirano drugače.

Za vsako obravnavano ločilno konstrukcijo najprej ločeno določimo zvočno izolirnost vsakega od elementov obravnavane ločilne konstrukcije in nato izračunamo skupno zvočno izolirnost ločilne konstrukcije. Na podlagi podatkov o zunanjem hrupu, zvočni izolirnosti konstrukcije, ter ob poznavanju velikosti ločilne konstrukcije in volumna prostora lahko tako izračunamo pričakovano raven zvočnega tlaka v prostoru, kot posledico vdora zunanjega hrupa v objekt.

2.1 ZVOČNA IZOLIRNOST FASADE

Izračun naredimo za merodajni prostor, in sicer prostor B.01 v pritličju, saj je to eden izmed prostorov z največjim deležem zasteklitev, skozi katero pričakujemo največje prehajanje hrupa v objekt.

Elementi ločilne konstrukcije
Obravnavano ločilno konstrukcijo sestavlja lesena fasadna stena in stavbno pohištvo (panoramska stena z balkonskimi vrati).

Po projektu je predvidena sledeča sestava fasadne stene:

- 16 cm / križno-lepljena plošča – industrijski izgled
- 18 cm / toplotna izolacija plošče mineralne steklene volne
- Vetrna zapora – paropropustna folija
- 3 cm / podkonstrukcijski leseni morali 30x50 mm
- 3 cm / kontra letve 30x50 mm
- 3 cm / lesena fasadna obloga iz lokalne smreke – ožgana

in steklena fasada.

Ker stavbno pohištvo predstavlja merodajen element stavbnega ovoja, v sklopu elaborata določimo minimalno zahtevano zvočno izolirnost elementov (Tabela 4). Pri tem je nujno upoštevati spektralni popravek za hrup prometa C_{tr}, minimalne vrednosti zvočne izolirnosti elementov stavbnega pohištva tako podamo v obliki R_w+C_{tr}. Zahteva velja za celoten element stavbnega pohištva, torej za krilo s polnilom (zasteklitvijo) in okvir z okovjem.

Zvočna izolirnost ločilne konstrukcije
Vrednosti zvočne izolirnosti posameznih elementov in skupna zvočna izolirnost stavbnega ovoja je navedena v tabeli 4.

				Načrtovani ukrepi	Izvedeni ukrepi	
Ločilni element ali prostor		**Projektne vrednosti**		**Izračunane vrednosti**	**Izmerjene vrednosti**	
Oznaka/pozicija	Element ali sklop elementov	Oznaka veličine (enota)				Ustreza DA/NE
ZUNANJI POKONČNI LOČILNI ELEMENTI						
1	Zunanji hrup v večnamenski dvorani	dB	35	33.9		
ZUNANJI VODORAVNI LOČILNI ELEMENTI						

Tabela 4: Vrednosti zvočne izolirnosti elementov stavbnega ovoja.

Za fasadno steno podatek o zvočni izolirnosti (R_w) in spektralni popravek za hrup prometa (C_{tr}) pridobimo iz strokovne literature ([1] - awropi31a-01). Skladno s točko 4.3 standarda ISO 12354-3 nato upoštevamo še popravek zaradi stranskega prenosa (ΔR_{Tf}).

Za stavbno pohištvo določimo mejno minimalno zvočno izolirnost z upoštevanjem spektralnega popravka ($R_w+ C_{tr}$). Skladno s tehnično smernico upoštevamo popravek za laboratorijsko določene vrednosti (ΔR_{LAB}).

Za vsak element stavbnega ovoja nato določimo zvočno prevodnost po enačbi (15) standarda ISO 12354-3, na podlagi katere nato določimo skupno izolirnost ločilne konstrukcije (enačba (10) standarda ISO 12354- 3), ki znaša R'_w = 27 dB.

Raven hrupa v prostoru

Raven zvočnega tlaka v prostoru izračunamo po spodnji enačbi (str. 15, TSG-1-005:2012), pri čemer upoštevamo vhodne podatke iz tabele 5.

$$L_{notri} = L_{zunaj} - R'_w + 10\log_{10}\left(\frac{S}{A}\right) - \Delta L_{fs} = 31{,}9 \text{ dB(A)}$$

Lzunaj =	60	dB(A)	… raven hrupa zunaj
R'w =	28,1	dB	… zvočna izolirnost stavbnega ovoja
S =	151,60	m^2	… površina stavbnega ovoja
Lfs =	0	dB	… popravek zaradi oblike fasade
A =	13,1	m^2	… ekvivalentna absorpcijska površina (enačba tehnične smernice (str. 15)
V =	2000	m^3	… volumen prostora

Tabela 5: Vhodni podatki za izračun predvidene ravni zvočnega tlaka v prostoru.

Veliki fasadni elementi	A	R'	C	Ctr	T	Tc	Tctr
Zunanja stena križno lepljen les	31.06	48	-2	-7	3.3e-6	5.2e-6	1.6e-5
ALU fasadna stena Schueco	120	40	-2	-5	7.9e-5	1.3e-4	2.5e-4
Subtotal:					**8.3e-5**	**1.3e-4**	**2.7e-4**
Bočni prenos zvoka	**korekcija**						
Zunanja stena povezana z vertikalno ali horizontalno konstrukcijo	1.0						
Subtotal:	**1**						
Total:					**8.3e-5**	**1.3e-4**	**2.7e-4**
Ocenjena skupna zvočna izolirnost vseh fasadnih elementov razen bočnega prenosa:					**-40.8249**	**-38.8240**	**-35.7268**

skupna površina fasade: **151.06 m^2**
korekcija akustike prostora: **-11.694883**

zunanji hrup: **60 dBA**
volumen prostora: **2000 m^3**
odmevni čas: **32.6 s**
korekcija fasade: **dB**

ocenjena zvočna izolirnost	**28.1 dB**
ocenjena zvočna izolirnost s korekcijo c	**26.1 dB**
ocenjena zvočna izolirnost za promet - ctr	**23 dB**
ocenjena raven hrupa	**31.9 dBA**
ocenjena raven hrupa s korekcijo c	**33.9 dBA**
ocenjena raven hrupa prometa - ctr	**37 dBA**

IZRAČUNANA RAVEN HRUPA		MEJNA RAVEN HRUPA
31,9 dB (A)	≤	**35 dB (A)**

Zasnova zunanje ločilne konstrukcije je ustrezna.

Za doseganje zahtevane ravni hrupa znotraj objekta, mora celoten sistem zunanjega stavbnega pohištva dosegati zvočno izolirnost vsaj Rw + Ctr= 33,9 dB. Priporočamo vgradnjo zasteklitev z dvema različnima debelinama stekel. Navedene zahteve se nanašajo na celotni fasadni ovoj objekta, kot tudi konstrukcijske elemente strehe.

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 MEDETAŽNA KONSTRUKCIJA MED VEČNAMENSKO DVORANO IN UPRAVNIMI PROSTORI

Preglednica 9 tehnične smernice podaja zahteve za zvočno izolirnost ločilnih konstrukcij, ki se pojavljajo na objektu:

9.12	Vse medetažne konstrukcije, razen konstrukcij 9.13, 9.14, 9.15, 9.16	$R'_w \geq 52$ dB

Ker je sestava plošče, ki se pojavi na objektu enaka, naredimo izračun za ločilno konstrukcijo, kjer pričakujemo največji prehod hrupa.

Kot merodajno konstrukcijo tako privzamemo armirano-betonske ploščo med večnamensko dvorano in upravnimi prostori. Obravnavana konstrukcija je debeline 52 cm s sestavo:

- 2,2 cm / masivni parket Bfl-s2
- 2,0 cm / večslojna lesena kompozitna plošča v pasovih
- 1,8 cm / elastični pasovi iz poliuretanske pene
- polietilenska folija kot parno-prašna ovira
- 6,6 cm / cementni estrih
- 1,1 cm / register talnega gretja
- 4,3 cm / zvočna izolacija Elastificirane EPS plošče
- 2,0 cm / toplotna izolacija EPS 200
- Bitumenska parna zapora
- 22,0 cm / AB medetažna plošča
- 10 cm / toplotna izolacija iz negorljive kamene volne s prekrivnim slojem z magnezitom vezane lesne volne

Zvočna izolirnost posamezne konstrukcije
Predvidena sestava je primerljiva sestavi iz strokovne literature ([1] - iwrxxo06a-08), iz kjer tudi pridobimo ustrezen podatek o zvočni izolirnosti konstrukcije.

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 Rw in ΔRw 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.

min R'w: **52**

Višina predelne stene: **22.25 m**
Širina predelne stene: **12.85 m**

Dolžina prostora (izvor hrupa): **7.4 m**
Dolžina sprejemnega prostora: **4.4 m**

		m' [kg/m^2]	Ocena Rw [dB]	Izboljšava DRw [Db]	površina [m^2]
Oddajni prostor	Stena1	120	35.97		164.65
	Stena2	120	35.97		164.65
	Stena3	120	35.97		95.09
	Stena4	120	35.97		95.09
Meja	Medetažna plošča	610	62.45	20	285.91
Sprejemni prostor	Stena1	720	65.15		97.9
	Stena2	720	65.15		97.9
	Stena3	720	65.15		56.54
	Stena4	720	65.15		56.54

Tabela 7: Zvočne izolirnosti za posamezne poti prenosa zvoka.

Oddajni prostor > Sprejemni prostor	M	Tip spoja	a	b	c	d	abs(M)	Kij	Parcialna zvočna izolirnost	
Medetažna plošča > Medetažna plošča									82.44987	5.68870e-9
Stranska Stena 1 > Stranska Stena 1	-0.778151	A1	8.7	17.1	5.7	0	0	8.7	70.34863	9.22863e-8
Stranska Stena 2 > Stranska Stena 2	-0.778151	A1	8.7	17.1	5.7	0	0	8.7	70.34863	9.22863e-8
Stranska Stena 3 > Stranska Stena 3	-0.778151	A1	8.7	17.1	5.7	0	0	8.7	72.73289	5.32980e-8
Stranska Stena 4 > Stranska Stena 4	-0.778151	A1	8.7	17.1	5.7	0	0	8.7	72.73289	5.32980e-8
Medetažna plošča > Stranska Stena 1	-0.072003	A2	8.7	0	5.7	0	0	8.70029	103.5892	4.37603e-11
Medetažna plošča > Stranska Stena 2	-0.072003	A2	8.7	0	5.7	0	0	8.70029	103.5892	4.37603e-11
Medetažna plošča > Stranska Stena 3	-0.072003	A2	8.7	0	5.7	0	0	8.70029	105.97347	2.52728e-11
Medetažna plošča > Stranska Stena 4	-0.072003	A2	8.7	0	5.7	0	0	8.70029	105.97347	2.52728e-11
Stranska Stena 1 > Medetažna plošča	-0.706149	A2	8.7	0	5.7	0	0	8.70029	88.99887	1.25925e-9
Stranska Stena 2 > Medetažna plošča	-0.706149	A2	8.7	0	5.7	0	0	8.70029	88.99887	1.25925e-9
Stranska Stena 3 > Medetažna plošča	-0.706149	A2	8.7	0	5.7	0	0	8.70029	91.38313	7.27255e-10
Stranska Stena 4 > Medetažna plošča	-0.706149	A2	8.7	0	5.7	0	0	8.70029	91.38313	7.27255e-10
Skupna zvočna izolirnost									**65.2 (ustreza)**	

Ob tem velja, da je mi 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:

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

IZRAČUNANA ZVOČNA IZOLIRNOST		ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST
65,2 dB	≥	52 dB

Zasnova ločilne konstrukcije je ustrezna.

4. IZOLACIJA KONSTRUKCIJE PRD 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 VEČNAMENSKO DVORNAO IN UPRAVNIMI PROSTORI

Preglednica 5 tehnične smernice podaja zahteve za največje dovoljene ovrednotene ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka, za ločilne konstrukcije, ki se pojavljajo na objektu:

9.12	Vse medetažne konstrukcije, razen konstrukcij 9.13, 9.14, 9.15, 9.16	$R'_w \geq 52$ dB

Kot merodajno privzamemo medetažno konstrukcijo med večnamensko dvorano in upravnimi prostori, kjer je možnost prehoda udarnega zvoka največja.

Po projektu je predvidena sledeča ločilna konstrukcija:

- 2,2 cm / masivni parket Bfl-s2
- 2,0 cm / večslojna lesena kompozitna plošča v pasovih
- 1,8 cm / elastični pasovi iz poliuretanske pene
- polietilenska folija kot parno-prašna ovira
- 6,6 cm / cementni estrih
- 1,1 cm / register talnega gretja
- 4,3 cm / zvočna izolacija Elastificirane EPS plošče
- 2,0 cm / toplotna izolacija EPS 200
- Bitumenska parna zapora
- 22,0 cm / AB medetažna plošča
- 10 cm / toplotna izolacija iz negorljive kamene volne s prekrivnim slojem z magnezitom vezane lesne volne

Podatek o ovrednoteni normirani ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka določimo glede na maso elementov in togost izolacije.

maksimalna raven udarnega hrupa	**58 dB**
masa medetažne plošče	**528 kg/m^2**
togost izolacije pod estrihom	**20 MN/m^3**
površinska masa estriha	**158.4 kg/m^2**
površinska masa stranske stene 1	**132 kg/m^2**
površinska masa stranske stene 2	**132 kg/m^2**
površinska masa stranske stene 3	**132 kg/m^2**
površinska masa stranske stene 4	**132 kg/m^2**

f0	**56.85 Hz**
Lnwq	**68.71 dB**
dL	**31.66 dB**
K1	**2.88 dB**
K2	**2.88 dB**
K3	**2.88 dB**
K4	**2.88 dB**
Kij povpr.	**2.88 dB**

izračunana raven udarnega hrupa L'nw	**39.9 dB** (ustreza)

IZRAČUNANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA ZARADI UDARNEGA ZVOKA		ZAHTEVANA RAVEN ZVOČNEGA TLAKA ZARADI UDARNEGA ZVOKA
39,9 dB	≤	58 dB

Zasnova ločilne konstrukcije je ustrezna.

5. OBVLADOVANJE ODMEVNEGA HRUPA

V nadaljevanju preverimo ustrezanje zahtevam glede odmevnega hrupa v prostoru. Izračune izdelamo za prostore, kjer bi bil odmevni hrup moteč ob nepravilni akustični izvedbi.

Znižanje posredne (odmevne) komponente hrupa poveča udobje, razumljivost govora in tudi možnost ocene smeri, iz katere hrup prihaja, kar večkrat predstavlja pomemben dejavnik za ugodno akustično razpoloženje v prostoru.

5.1 ODMEVNI ČAS V VEČNAMENSKI DVORANI

Opis materiala površin prostora	A [m2]	[α] 125 Hz	[α] 250 Hz	[α] 500 Hz	[α] 1000 Hz	[α] 2000 Hz	[α] 4000 Hz
Okna, steklena fasada	120	0.12	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02
Križno lepljen les	218.6	0.25	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15
Pena debeline 5mm	105.2	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.5
Heradesign 25 mm + 20 mm volne	92	0.10	0.55	1.00	1.00	0.85	1.00
Lesena tla, parket na letvah	285	0.12	0.1	0.06	0.05	0.05	0.06
Mrežasta zavesa: 0mm - 200mm pred trdo površino	145	0.05	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02
osebe	8	0.05	0.1	0.2	0.35	0.5	0.65
Kielsteg stropne plošče	193	0.25	0.10	0.10	0.10	0.10	0.15
Si * αi		**178.87**	**146.98**	**183.25**	**199.99**	**186.19**	**233.94**

opis trde notranje opreme prostora	volumen opreme [m^3]	število elementov
Telovadna oprema	0.5	10

skupni volumen opreme:	5 m^3
skupna površina opreme:	6.3 m^2
Ψ:	0.0025

Odmevni čas neopremljenega prostora T60	1.82 s	2.22 s	1.78 s	1.63 s	1.75 s	1.39 s
Odmevni čas opremljenega prostora T60	1.73 s	2.09 s	1.69 s	1.56 s	1.67 s	1.34 s

5.2 ODMEVNI ČAS V SKUPNI SOBI GASILCEV

Opis materiala površin prostora	A [m2]	[α] 125 Hz	[α] 250 Hz	[α] 500 Hz	[α] 1000 Hz	[α] 2000 Hz	[α] 4000 Hz
AB stene in MK stene	107.5	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
Mavčno kartonski strop	38.91	0.15	0.1	.2	.35	.5	.65
Trde podne obloge (npr. PVC, parket) na masivni stropni konstrukciji	69.32	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
Okna, steklena fasada	16.44	0.12	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02
Vrata (lesena)	4.2	0.14	0.1	0.08	0.08	0.08	0.08
Ljudje	4	.05	.1	.2	.35	.5	.65
Zavesa, tkani material - 0,4kg/m2, zigbana ali nabrana >1:3, 0mm - 200mm pred trdo površino, značilni mmaksimum	23	0.1	0.4	0.7	0.9	0.95	1
Velika odprtina (najmanjša mera >1m)	8.32	1	1	1	1	1	1
AB strop	33.91	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
Si * αi		**22.0178**	**27.0399**	**38.3469**	**51.3263**	**58.7484**	**68.2778**

opis trde notranje opreme prostora	volumen opreme [m^3]	število elementov
Klopi	2	1
Mize	1	1

skupni volumen opreme:	3 m^3
skupna površina opreme:	2.59 m^2
Ψ:	0.0093

Odmevni čas neopremljenega prostora T60	2.39 s	1.95 s	1.38 s	1.03 s	0.9 s	0.77 s
Odmevni čas opremljenega prostora T60	2.09 s	1.74 s	1.26 s	0.96 s	0.84 s	0.73 s

5.3 ODMEVNI ČAS V RAZGIBOVALNEM HODNIKU

Opis materiala površin prostora	A [m2]	[α] 125 Hz	[α] 250 Hz	[α] 500 Hz	[α] 1000 Hz	[α] 2000 Hz	[α] 4000 Hz
AB stene in MK stene	9.75	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03
Trde podne obloge (npr. PVC, parket) na masivni stropni konstrukciji	76	0.02	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
Vrata (lesena)	8.4	0.14	0.1	0.08	0.08	0.08	0.08
Okna, steklena fasada	27.81	0.12	0.08	0.05	0.04	0.03	0.02
Suhomontažni spuščeni strop	11.52	.15	.1	.05	.04	.07	.09
Ljudje	8	.05	.1	.2	.35	.5	.65
Križno lepljen les	52.3	.25	.10	.10	.10	.10	.15
KIELSTEG stropni element	73.8	.25	.10	.10	.10	.10	.15
Velika odprtina (najmanjša mera >1m)	4.45	1	1	1	1	1	1
Si * αi		**44.2337**	**24.4543**	**24.436**	**26.1002**	**27.3677**	**35.6825**

Odmevni čas neopremljenega prostora T60	0.72 s	1.3 s	1.3 s	1.22 s	1.16 s	0.89 s

6. 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.

Zaščita pred zunanjim hrupom in zasteklitev
Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti fasadnega ovoja, mora vgrajeno stavbno pohištvo dosegati zvočno izolirnost **$R_w + C_{tr} \geq 28$ dB**. Pri tem je pomembna kvalitetna vgradnja oken; zagotovljeno mora biti dobro tesnjenje samega elementa kot tudi tesnjenje elementov stavbnega pohištva s preostalo fasadno konstrukcijo oz. drugimi elementi fasade. Tesnjenje mora biti zagotovljeno z masivnim materialom (ρ ≥ 1000 kg/m3 - lahki penasti materiali niso primerna rešitev). Le tako bodo dosežene najvišje ravni zvočne izolirnosti, ki omogočajo mirno okolje v notranjih prostorih.
Predvidena je vgradnja stekel v panelu različnih debelin, kar izboljšuje zvočno izolativnost.

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 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.

Vrata
Za doseganje zahtevane zvočne izolirnosti, morajo vrata, ki vodijo iz skupnega hodnika v kabinet ŠVZ dosegati zvočno izolirnost **vsaj $R_w = 33$ dB**. Pri tem je pomembno zagotoviti dobro tesnjenje vratnega krila z okvirjem in tako preprečiti uhajanje zvoka skozi zračne reže.

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 zahtevano 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.

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 projekt predvideva vgradnjo zvočno absorpcijskega materiala, kot npr. oblazinjenega pohištva, gosto tkanih zaves. S tem se zagotovi zaščita pred odmevnim hrupom in ustrezno akustično okolje v obravnavanih prostorih.

7. IZKAZ O ZAŠČITI PRED HRUPOM

Izkaz o zaščiti pred hrupom je priložen ob koncu poročila.

8. LITERATURA

[1] dataholz.eu, Holzforschung Austria – Austrian Forest Products Research Society

Elaborat izdelal:

Peter Kovač m.i.a. ZAPS 2303 PA