Lozej inštitut za varnost

PROJEKTIVA
področje: VARSTVO OKOLJA

Lozej d.o.o. Ajdovščina, Goriška c. 62; tel/fax: (05) 366 41 80 / 90, www.lozej.si

Datum: ***11.10.2024***

Številka: ***04/24-GF***
Št. izvoda**: 1 2 3 4 5**
DN: 1465/24

ELABORAT ZAŠČITE PRED HRUPOM V STAVBAH

NAROČNIK:	**ZASNOVA - GRADBENI BIRO, TONE LOVŠIN S.P.** **VRVARSKA POT 1A** **1310 RIBNICA**
INVESTITOR:	**OBČINA VELIKE LAŠČE** **LEVSTIKOV TRG 1** **1315 VELIKE LAŠČE**
NAZIV GRADNJE:	**PRENOVA IN ŠIRITEV KUHINJE - OŠ PRIMOŽA TRUBARJA VELIKE LAŠČE**
VRSTA GRADNJE:	**NOVOGRADNJA-PRIZIDAVA** **REKONSTRUKCIJA**
VRSTA STAVBE:	**STAVBE ZA IZOBRAŽEVANJE IN ZNANSTVENORAZISKOVALNO DELO**
KLASIFIKACIJA STAVBE:	**CC-SI 12630**
LOKACIJA:	**PARC. ŠT.: 1954/8, k.o. 1717 Velike Lašče**
IZDELOVALEC:	**INŠTITUT ZA VARNOST LOZEJ D.O.O.** **AJDOVŠČINA** **GORIŠKA CESTA 62** **5270 AJDOVŠČINA**

Elaborat zaščite hrupa v stavbah je izdelan na podlagi Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12, 61/17 – GZ in 199/21 – GZ-1) in Tehnične smernice TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah.

Elaborat zaščite pred hrupom v stavbah je izdelan kot del dokumentacije PZI.

Izdelal:

Aleš Krašna, univ. dipl. biol.

LOZEJ d.o.o. AJDOVŠČINA

Direktor:

Stanko OŽBOT, dipl. var. inž.

VSEBINA

1. UVOD 5

1.1 NAMEN IN PREDMET 5

1.2 PODLAGA ELABORATU 5

1.3 OBSEG ELABORATA 6

1.4 OPOZORILO 1 6

1.5 OPOZORILO 2 7

1.6 OPOZORILO 3 7

1.7 OPOZORILO 4 7

1.8 OPOZORILO 5 7

1.9 OPOZORILO 6 7

1.10 OPOZORILO 7 7

1.11 OPOZORILO 8 7

2. KRATEK OPIS PROJEKTA 8

3. ZAŠČITA PRED ZUNANJIM HRUPOM 9

3.1 ANALIZA OBRAVNAVANIH GRADBENIH ELEMENTOV 9

3.1.1 Zunanja stena prostora 27 Nova učilnica (manjša okna) v nadstropju F1 9

3.1.2 Zunanja stena prostora 27 Nova učilnica (večje okno) v nadstropju F2 10

3.1.3 Zunanja stena prostora 28 Pomočnik ravnatelja v nadstropju F3 10

3.1.4 Zunanja stena prostora 30 Socialni pedagog v nadstropju F4 11

3.2 IZBIRA IZRAČUNA 12

3.2.1 Zunanja stena prostora 27 Nova učilnica (manjša okna) v nadstropju F1 12

3.2.2 Zunanja stena prostora 27 Nova učilnica (večje okno) v nadstropju F2 13

3.2.3 Zunanja stena prostora 28 Pomočnik ravnatelja v nadstropju F3 14

3.2.4 Zunanja stena prostora 30 Socialni pedagog v nadstropju F4 15

3.3 MEJNE VREDNOSTI ZUNANJEGA IN NOTRANJEGA HRUPA 16

3.3.1 Zunanji hrup 16

3.3.2 Notranji hrup 17

3.4 ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST 18

3.5 OSNOVNE ENAČBE 18

3.6 IZRAČUN ZVOČNE IZOLATIVNOSTI 19

3.7 SKLEPNE UGOTOVITVE IN NAVEDBA UKREPOV, V KOLIKOR SO POTREBNI 20

4. IZOLACIJA NOTRANJIH LOČILNIH KONSTRUKCIJ PRED HRUPOM V ZRAKU ... 22

4.1 ANALIZA OBRAVNAVANIH GRADBENIH ELEMENTOV 22

4.1.1 Ločilna stena med prostoroma 28 Pomočnik ravnatelja in 29 Psihologinja v nadstropju LS1 22

4.1.2 Ločilna stena med prostoroma 29 Psihologinja in 28 Socialni pedagog v nadstropju LS2 22

4.1.3 Ločilna stena z vrati med prostoroma 27 Nova učilnica in hodnikom v nadstropju LS3 22

4.1.4 Ločilna stena brez vrat med prostoroma 27 Nova učilnica in hodnikom v nadstropju LS4 23

4.1.5 Vrata učilnice Vr1 23

4.2 IZBIRA IZRAČUNA 23
4.2.1 Ločilna stena med prostoroma 28 Pomočnik ravnatelja in 29 Psihologinja v nadstropju LS1 23
4.2.2 Ločilna stena med prostoroma 29 Psihologinja in 28 Socialni pedagog v nadstropju LS2 24
4.2.3 Ločilna stena z vrati med prostoroma 27 Nova učilnica in hodnikom v nadstropju LS3 25
4.2.4 Ločilna stena brez vrat med prostoroma 27 Nova učilnica in hodnikom v nadstropju LS4 25
4.2.5 Vrata učilnice Vr1 26
4.3 MEJNE VREDNOSTI IZOLIRNOSTI PRED HRUPOM V ZRAKU 26
4.3.1 Poslovne in upravne stavbe, trgovske stavbe in stavbe za storitvene dejavnosti, postajna poslopja , terminali, muzeji in knjižnice (CC-SI 122, 123, 1241, 1262) 26
4.3.2 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo (CC-SI 1263) 26
4.3.3 Mejne ravni notranjega hrupa 27
4.4 OSNOVNE ENAČBE 27
4.5 IZRAČUN ZVOČNE IZOLATIVNOSTI PRED HRUPOM V ZRAKU 28
4.6 SKLEPNE UGOTOVITVE IN NAVEDBA UKREPOV, V KOLIKOR SO POTREBNI 28
5. HRUP OBRATOVALNE OPREME 29
5.1 ANALIZA OBRATOVALNE OPREME 29
5.1.1 Uvod 29
5.1.2 Prezračevanje 29
5.1.3 Vodovodna inštalacija 30
5.1.4 Ogrevanje in hlajenje 30
5.1.5 Fekalna kanalizacija 30
5.1.6 Dvigalo 30
5.2 MEJNE VREDNOSTI 30
5.2.1 Notranji hrup 30
5.3 OSNOVNE ENAČBE 30
5.4 UKREPI IN PRIPOROČILA ZA ZMANJŠANJE HRUPA IN VIBRACIJ V ZVEZI S PREZRAČEVANJEM, V KOLIKOR SO POTREBNI 31
5.4.1 Ukrepi in priporočila po SIST EN 12354-5:2017 31
5.4.2 Ukrepi in priporočila po ASHRAE 32
5.4.3 Aerodinamični hrup 32
5.5 UKREPI IN PRIPOROČILA ZA ZMANJŠANJE HRUPA IN VIBRACIJ V ZVEZI Z VODOVODNO INŠTALACIJO, V KOLIKOR SO POTREBNI 33
5.5.1 Viri hrupa v vodovodni inštalaciji 33
5.5.2 Ukrepi in priporočila 35
5.6 UKREPI IN PRIPOROČILA ZA ZMANJŠANJE HRUPA IN VIBRACIJ V ZVEZI S FEKALNO KANALIZACIJO, V KOLIKOR SO POTREBNI 35
5.7 UKREPI IN PRIPOROČILA ZA ZMANJŠANJE HRUPA IN VIBRACIJ V ZVEZI Z OGREVANJEM, V KOLIKOR SO POTREBNI 36
5.8 UKREPI IN PRIPOROČILA ZA ZMANJŠANJE HRUPA IN VIBRACIJ V ZVEZI Z DVIGALOM, V KOLIKOR SO POTREBNI 36
5.9 SKLEPNE UGOTOVITVE 37
6. ZAŠČITA PRED ODMEVNIM HRUPOM 38
6.1 ANALIZA GRADBENIH MATERIALOV 38
6.1.1 Prostor 27 Nova učilnica v nadstropju OH1 38

6.1.2 Prostor 06 Jedilnica/01 Avla v pritličju OH2 38

6.2 IZBIRA IZRAČUNA 38
6.2.1 Prostor 27 Nova učilnica v nadstropju OH1 39
6.2.2 Prostor 06 Jedilnica/01 Avla v pritličju OH2 39

6.3 MEJNE VREDNOSTI ODMEVNEGA ČASA 40
6.3.1 Optimalna (idealna) mejna vrednost za prostore A_3 po DIN 18041:2016 40
6.3.2 Optimalna (idealna) mejna vrednost za prostore B_5 po DIN 18041:2016 41

6.4 OSNOVNE ENAČBE 42

6.5 IZRAČUN ODMEVNEGA HRUPA 43
6.5.1 Prostor 27 Nova učilnica v nadstropju OH1 43
6.5.2 Prostor 06 Jedilnica/01 Avla v pritličju OH2 44

6.1 SKLEPNE UGOTOVITVE IN NAVEDBA UKREPOV, V KOLIKOR SO POTREBNI 44

7. NAVODILA PROJEKTANTOM IN IZVAJALCEM 45

7.1 PREBOJI SKOZI PREDELNE STENE 45

7.2 LUKNJANJE PREDELNIH STEN 45

7.3 PREPREČITEV PRENOSA ZVOKA SKOZI ODPRTINE 45

7.4 PREPREČEVANJE STIKA MED ESTRIHOM IN PREDELNIMI STENAMI 45

7.5 PREPREČEVANJE STIKA MED ESTRIHI SOSEDNJIH PROSTOROV POD VRATI 45

7.6 PREPREČEVANJE PREHODA ZVOKA IZ ENEGA PROSTORA V DRUGEGA PREK ESTRIHA 45

7.7 PREPREČEVANJE PREHODA ZUNANJEGA HRUPA V STAVBO SKOZI KONSTRUKCIJO 46
7.7.1 Prehod zvoka preko pripir med okvirjem in krilom okna 46
7.7.2 Prehod zvoka preko pripir med okvirjem in gradbeni konstrukcijo 46

8. VIRI IN LITERATURA 47

1. UVOD

1.1 NAMEN IN PREDMET

Elaborat zaščite pred hrupom v stavbah določa zahteve, s katerimi se v stavbah in njihovih delih omeji raven hrupa, s čemer se prepreči ogrožanje zdravja ljudi in ustvari ustrezne razmere za njihovo delo, druge dejavnosti in počitek.

V elaboratu se računsko preveri »vzorčne konstrukcije«, katerih vrsta in število sledita iz Tehnične smernice TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah. V kolikor se ugotovi, da izračunane vrednosti zvočne izolirnosti »vzorčnih konstrukcij« ustrezajo normativom iz Tehnične smernice, se iz tega sklepa na ustrezno zvočno izolirnost celotne stavbe z/brez ukrepov. Izraz »vzorčn konstrukcij« hkrati pomeni naslabše možno stanje glede prenosa hrupa po konstrukcijah. To praktično pomeni, da se ne obravnavajo prostori, ki imajo boljšo protihrupno »zaščito«.

V kolikor so prostori v stavbi »uniformni« (iste konstrukcije, manjša odstopanja v velikosti ne igrajo pomembne vloge), izračuni veljajo tudi za prostore, ki so enaki obravnavanim (»vzorčne konstrukcije«). V tem primeru v navedbah prostorov ni njihovih oznak, saj velja splošna opredelitev. Če so potrebni ukrepi, potem veljajo za vse »uniformne« prostore.

Predmet elaborata zaščite pred hrupom v stavbah je stavba, ki po klasifikaciji CC-Si spada med:

- 12630 – Stavbe za izobraževanje.

Predmet elaborata zaščite pred hrupom v stavbah je glede na Uredbo o razvrščanju objektov (Uradni list RS, št. 37/18):

- nezahteven objekt.

Predmet elaborata zaščite pred hrupom v stavbah je glede na Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12 in 61/17 – GZ) :

- stavba, za katero NI treba pred tehničnim pregledom zagotoviti izvedbo meritev zvočne izolacije.

1.2 PODLAGA ELABORATU

Elaborat zaščite pred hrupom v stavbah je izdelan na podlagi naslednjih predpisov:

- Gradbeni zakon (Uradni list RS, št. 61/17 in 72/17 – popr.)
- Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12 in 61/17 – GZ);
- Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Ur. l. RS, št. 17/06, 18/06, 43/11-ZVZD);
- Uredba o razvrščanju objektov (Uradni list RS, št. 37/18).

Elaborat zaščite pred hrupom v stavbah je izdelan na podlagi naslednjih standardov in smernic:

- SIST EN ISO 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 ISO 12354-2:2017 Akustika v stavbah – Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov – 2. del: Izolirnost pred udarnim zvokom med prostori;
- SIST EN ISO 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 ISO 12354-5: 2023 – Akustika v stavbah – Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov – 5. del: Zvočne ravni obratovalne opreme;
- SISTISO 12354-5: 2017 – Akustika v stavbah – Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov – 5. del: Zvočne ravni obratovalne opreme;
- SIST EN 12354-6:2004 – Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnost sestavnih delov – 6. del: Absorpcija zvoka v zaprtih prostorih;
- DIN 18041:2004 Acoustic quality in small to medium-sized rooms;
- DIN 18041:2016 Hörsamkeit in Räumen – Anforderungen, Empfehlungen und Hinweise für die Planung;
- Tehnična smernica TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah, Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana 25.1.2012;
- IZS MST 06/2012: Splošna smernica za pripravo projektne dokumentacije varnost in zdravje pri delu – 1. del;
- IZS MST 06/2012: Splošna smernica za pripravo projektne dokumentacije varnost in zdravje pri delu – 2. Del;
- VDI 3733: Noise at Pipes, VDI, 1996;
- VDI 3842: Schwingungen in Rohrleitungssystemen, VDI 2004;
- VDI 2081-1: Raumlufttechnik, Geräuscherzeugung und Lärmminderung, VDI, 2022;
- VDI 2081-2: Raumlufttechnik, Geräuscherzeugung und Lärmminderung, Beispiele VDI, 2022;
- VDI 2715, Noise reduction at domestic hot water and central heating systems, VDI, 2000;
- DIN 8989, Schallschutz in Gebauden-Aufzuge, DIN 2019;
- VDI 2566, Part 2: Acoustical design for lifts without a machine room, VDI, 2004;
- ASHRAE Handbook 2011.

1.3 OBSEG ELABORATA

Obseg elaborata glede na vrsto in sestav ter značilnosti stavbe je podan v preglednici 1.

Preglednica 1.

Obseg elaborata	
Zaščita pred zunanjim hrupom	✓
Zaščita pred hrupom, ki po zraku prihaja iz drugih prostorov	✓
Zaščita udarnim hrupom, ki se iz drugih prostorov prenaša prek konstrukcije	✗
Zaščita pred hrupom obratovalne opreme	✓
Zaščita pred odmevnim hrupom	✓
Prostorska akustika (informativno)	✗
Zaščita pred hrupom, ki se širi v okolje (2. člen Pravilnika (Ur. l. RS, št. 10/12))	✗
Zaščita delavcev zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (2. člen Pravilnika (Ur. l. RS, št. 10/12))	✓

1.4 OPOZORILO 1

OCENJENE VREDNOSTI V TEM ELABORATU SO IZVEDENE NA PODLAGI PODATKOV IZ GRADBENEGA PROJEKTA. V KOLIKOR PRIDE DO SPREMEMB PROJEKTA, KI LAHKO ZAJEMAJO UPORABO DRUGAČNIH GRADBENIH MATERIALOV IN IZDELKOV, DRUGAČNIH GRADBENIH DIMENZIJ IN RAZNIH FINALNIH OBELAV TER NEUSTREZNIH IZVEDENIH GRADBENIH DEL, OCENJENE VREDNOSTI NISO VEČ TAKE, KOT SO NAVEDENE V ELABORATU. **PREDVSEM NEUSTREZNA GRADBENA DELA LAHKO POMENIJO POSLABŠANJE OCENJENIH VREDNOSTI, ZATO SO ZA TAKE PRIMERE PODANI V POGLAVJU 7 ELABORATA UKREPI, KI PREPREČUJEJO POSLABŠANJE STANJA.**

1.5 OPOZORILO 2

VREDNOSTI ZVOČNE IZOLIRNOSTI V TEM ELABORATU PREDSTAVLJAJO **TEORETIČNE** RAČUNSKE VREDNOSTI GLEDE NA STANDARDE, KI SLUŽIJO KOT RAČUNSKA PODLAGA. KAR POMENI, DA SE LAHKO ALI PA TUDI NE UJEMAJO Z VREDNOSTMI, PRIDOBLJENIMI Z MERITVAMI.

1.6 OPOZORILO 3

IZRAČUNI SE NANAŠAJO NA DIMENZIJE GRADBENIH ELEMENTOV.

1.7 OPOZORILO 4

TOČNOST UPORABLJENIH STANDARDOV V TEM ELABORATU SE LAHKO PODROBNO DOLOČI ŠELE S ŠIROKO PRIMERJAVO PODATKOV S TERENA, KI SE LAHKO ZBEREJO ŠELE PO DALJŠEM ČASU PO UVEDBI MODELA ZA NAPOVEDOVANJE. V VMESNEM ČASU SO UPORABNIKOM V POMOČ NAVEDBE O TOČNOSTI, KI TEMELJIJO NA PREJŠNJIH PRIMERJAVAH S PRIMERLJIVIMI MODELI ZA NAPOVEDOVANJE. ODGOVORNOST UPORABNIKA (TJ. OSEBE, ORGANIZACIJE, URADNE OSEBE) JE, DA OPOZORI NA POSLEDICE TOČNOSTI, POVEZANE Z MERILNIMI POSTOPKI ALI METODAMI NAPOVEDOVANJA, S TEM, DA DOLOČI ZAHTEVE ZA VHODNE PODATKE IN/ALI NAVEDE VARNE MEJE REZULTATOV ALI UPORABI NEKATERE DRUGE POPRAVKE.

1.8 OPOZORILO 5

MODELI TEMELJIJO NA IZKUŠNJAH Z NAPOVEDOVANJEM V STANOVANJSKIH STAVBAH. UPORABLJAJO SE LAHKO TUDI ZADRUGE VRSTE STAVB, PRI ČEMER PA MORA BITI ZAGOTOVLJENO, DA KONSTRUKCIJSKI SISTEMI IN MERE ELEMENTOV NISO BISTVENO DRUGAČNI OD TISTIH V STANOVANJSKIH STAVBAH. V KOLIKOR TEMU NI TAKO, IZRAČUNI NISO VEČ POVSEM MERODAJNI. **ŠELE MERITVE PRIKAŽEJO REALNO STANJE.**

1.9 OPOZORILO 6

POIMENOVANJE PROSTOROV IN/ALI OZNAK PROSTOROV JE TAKO KOT V NAČRTU ARHITEKTURE (ZADNJE POSLANO). **V KOLIKOR SE TO SPREMENI, IZDELOVALEC TEGA ELABORATA NE PREVZAME ODGOVORNOSTI GLEDE NOVEGA STANJA. PRAV TAKO NE PREVZAME ODGOVORNOSTI, ČE SE STANJE SPREMENI, IZDELOVALEC TEGA ELABORATA PA O TEM NI OBVEŠČEN.**

1.10 OPOZORILO 7

V TEM ELABORATU SO UPORAVLJENI TUDI PODATKI OD URADNIH INŠTITUCIJ, **IZDELOVALEC TEGA ELABORATA NE ODGOVARJA ZA PRAVILNOST VHODNIH PODATKOV, KI JIH JE PRIDOBIL OD URADNIH INŠTITUCIJ.**

1.11 OPOZORILO 8

ELABORAT JE NAREJEN NA NIVOJU DGD. **V KOLIKOR PRIDE NA NIVOJU PZI DO SPREMB V PROJEKTU ALI PA KAKRŠNIH KOLI SPREMEMB, KI SO IZVEN DOMETA IZDELOVALCA ELABORATA, LE-TA NE ODGOVARJA ZA PRAVILNOST ELABORATA**.

2. KRATEK OPIS PROJEKTA

Gradnja bo obsegala odstranitev obstoječe kuhinje s pomožnimi prostori in kabinetom, rekonstrukcijo in prizidavo nove kuhinje s pomožnimi prostori in jedilnico, novo učilnico s kabinetom in pisarnami strokovnih uslužbencev v nadstropju ter ureditev zunanjih funkcionalnih površin z novim vhodom, zunanjim prostorom za igro, novo prometno ureditev z dostavo in interventnimi površinami severnem delu šolskega kompleksa. Vključuje tudi izvedbo nezahtevnega objekta za skladiščenje komunalnih odpadkov s prostorom za agregat na SZ strani prizidave.

Navedba glavnih in pripadajočih objektov

- Objekt 1 – prizidava k stavbi OŠ na severnem delu in na mestu odstranitve predhodne kuhinje
- Objekt 2 – nezahteven delno vkopan objekt - skladišča za odpadke s prostorom za agregat
- Objekt 3 – enostaven objekt nadkrite kolesarnice, pripojene k prizidavi OŠ

Objekt 1 - Tlorisni gabarit prizidave definira odmik od parcelne meje, zato je del ravne strehe (nadstreška) na severni fasadi rahlo prirezan, in meri na stiku z zemljiščem max. dimenzij 12,85 m x 24,25 m, višinski gabarit prizidave je P+N1 z ravno streho nad povišanim pritličnim delom in lomljeno dvokapnico nad 1. nadstropjem. Kvadratura na stiku z zemljiščem znaša 288,70 m2, površina najbolj izpostavljenih delov pa 327,00 m2. Znotraj atrija se nad predvideno jedilnico, ki se jo poveča še na površino obstoječe pisarne pomočnika ravnatelja (in tako meri 115,96 m2) izvede nova AB plošča in v nadstropju prizida še 56,39 m2 klubskega prostora oz. zimskega vrta tlorisnega gabarita 9,30 m x 7,03 m, z izhodom na strešni vrt zaradi zagotavljanja naravne svetlobe v avli. Tehnični prostor klimata 1 (avla, jedilnica) se vzpostavi v obstoječem hladnem podstrešju na mestu dotrajanega klimata za kuhinjo na površini 272,34 m2; klimat 2 (nape nove kuhinje) in klimat 3 (prezračevanje ostalih prizidanih prostorov) se namesti v hladnem podstrešju prizidave nad 1. nadstropjem.

Objekt 2 – Tlorisni pravokotni gabarit nezahtevnega delno vkopanega objekta skladišča za odpadke s prostorom za agregat znaša 12,50 m x 4,00 m in je bruto površine (tudi na stiku z zemljiščem) 50,00 m2.

Objekt 3 – Kolesarnica krita z nadstreškom je enostaven objekt dim. 2,41 m x 8,30 m, s površino 20,00 m2.

3. ZAŠČITA PRED ZUNANJIM HRUPOM

3.1 ANALIZA OBRAVNAVANIH GRADBENIH ELEMENTOV

3.1.1 Zunanja stena prostora 27 Nova učilnica (manjša okna) v nadstropju F1

Obravnavano prenos zvoka v zvezi s prostorom 27 Nova učilnica (manjša okna) v nadstropju (F1).

Zato naredimo vzorčni izračun, ki nam pokaže kakšno zaščito pred zvokom morajo imeti elementi, ki so vgrajeni v stavbi (ovoj stavbe), da zadostimo zahtevam Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12 in 61/17 – GZ), Tehnični smernici TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah, in standardom.

V fasadi ni predvidenih nobenih prebojev zaradi prezračevanja ali za druge namene, enako tudi na vseh drugih fasadah. Niso predvidena tudi okna ali druge steklene površine, ki bi imele vgrajen sistem prezračevanja.

Glede na projekt se upošteva naslednja sestava zunanje stene obravnavane stavbe (preglednica 2):

Preglednica 2.

Sestava	Debelina m
ZAKLJUČNI IN TOPLOTNO IZOLACIJSKI SLOJ: opis: sistemska toplotno-izolacijska fasadna obloga visoke trdnosti s trajno hidrofobno finalno površino, odporno na pojave plesni in naslojevanje drugih mikroorganizmov, ustrezno paroprepustna, npr. STOTHERM Mineral s finalno mikrostrukturirano, silikonsko paroprepustno barvo tipa STO-Lotusan-Color, barva bela, finost zrnavosti kot obstoječa fasada – po potrditvi arhitekta	
- finalni tankoslojni nanos - omet, npr. StoLotusan (samočistilni omet), na ustrezno pripravljeno armirano podlago	0,003
- osnovni brezcementni tankoslojni nanos, armiran s stekl. mrežico po sistemski rešitvi proizvajalca, npr. STO-Armat Classic	0,003
- toplotno-izolacijski sloj: mineralna volna, SIST EN 13162, λD= max.0.035 W/mK, npr. KNAUF INSULATION FKD-S Thermal ali enakovredno, plošče so lepljene in sidarne v steno po tehn. specifikaciji proizvajalca sistema	0,18
- hidravlično vezivno lepilo za plošče iz kamene volne, npr. STO Level UNI	0,04
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	0,25
ZAKLJUČNI SLOJ NOTRI: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	0,015

3.1.2 Zunanja stena prostora 27 Nova učilnica (večje okno) v nadstropju F2

Obravnavano prenos zvoka v zvezi s prostorom 27 Nova učilnica (večje okno) v nadstropju (F2).

Zato naredimo vzorčni izračun, ki nam pokaže kakšno zaščito pred zvokom morajo imeti elementi, ki so vgrajeni v stavbi (ovoj stavbe), da zadostimo zahtevam Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12 in 61/17 – GZ), Tehnični smernici TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah, in standardom.

V fasadi ni predvidenih nobenih prebojev zaradi prezračevanja ali za druge namene, enako tudi na vseh drugih fasadah. Niso predvidena tudi okna ali druge steklene površine, ki bi imele vgrajen sistem prezračevanja.

Glede na projekt se upošteva naslednja sestava zunanje stene obravnavane stavbe (preglednica 3):

Preglednica 3.

Sestava	Debelina m
ZAKLJUČNI IN TOPLOTNO IZOLACIJSKI SLOJ: opis: sistemska toplotno-izolacijska fasadna obloga visoke trdnosti s trajno hidrofobno finalno površino, odporno na pojave plesni in naslojevanje drugih mikroorganizmov, ustrezno paroprepustna, npr. STOTHERM Mineral s finalno mikrostrukturirano, silikonsko paroprepustno barvo tipa STO-Lotusan-Color, barva bela, finost zrnavosti kot obstoječa fasada – po potrditvi arhitekta	
- finalni tankoslojni nanos - omet, npr. StoLotusan (samočistilni omet), na ustrezno pripravljeno armirano podlago	0,003
- osnovni brezcementni tankoslojni nanos, armiran s stekl. mrežico po sistemski rešitvi proizvajalca, npr. STO-Armat Classic	0,003
- toplotno-izolacijski sloj: mineralna volna, SIST EN 13162, λD= max.0.035 W/mK, npr. KNAUF INSULATION FKD-S Thermal ali enakovredno, plošče so lepljene in sidarne v steno po tehn. specifikaciji proizvajalca sistema	0,18
- hidravlično vezivno lepilo za plošče iz kamene volne, npr. STO Level UNI	0,04
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	0,25
ZAKLJUČNI SLOJ NOTRI: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	0,015

3.1.3 Zunanja stena prostora 28 Pomočnik ravnatelja v nadstropju F3

Prenos zvoka glede zaščite delavcev pred zunanjim hrupom po Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni list RS, št. 17/06, 18/06 – popr. in 43/11 – ZVZD-1) in glede dejavnosti, ki se bo opravljala, obravnavamo v zvezi z zunanjo steno prostora 28 Pomočnik ravnatelja v nadstropju (F3).

Naredimo vzorčni izračun, ki nam pokaže kakšno zaščito pred zvokom morajo imeti elementi, ki so vgrajeni v stavbi (ovoj stavbe), da zadostimo zahtevam Pravilnika o zaščiti pred hrupom

v stavbah (Uradni list, št. RS, št. 10/12, 61/17 – GZ), Tehnični smernici TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah, in standardom.

V fasadi ni predvidenih nobenih prebojev zaradi prezračevanja ali za druge namene, enako tudi na vseh drugih fasadah. Niso predvidena tudi okna ali druge steklene površine, ki bi imele vgrajen sistem prezračevanja.

Glede na projekt se upošteva naslednja sestava zunanje stene obravnavane stavbe (preglednica 4):

Preglednica 4.

Sestava	Debelina m
ZAKLJUČNI IN TOPLOTNO IZOLACIJSKI SLOJ: opis: sistemska toplotno-izolacijska fasadna obloga visoke trdnosti s trajno hidrofobno finalno površino, odporno na pojave plesni in naslojevanje drugih mikroorganizmov, ustrezno paroprepustna, npr. STOTHERM Mineral s finalno mikrostrukturirano, silikonsko paroprepustno barvo tipa STO-Lotusan-Color, barva bela, finost zrnavosti kot obstoječa fasada – po potrditvi arhitekta	
- finalni tankoslojni nanos - omet, npr. StoLotusan (samočistilni omet), na ustrezno pripravljeno armirano podlago	0,003
- osnovni brezcementni tankoslojni nanos, armiran s stekl. mrežico po sistemski rešitvi proizvajalca, npr. STO-Armat Classic	0,003
- toplotno-izolacijski sloj: mineralna volna, SIST EN 13162, λD= max.0.035 W/mK, npr. KNAUF INSULATION FKD-S Thermal ali enakovredno, plošče so lepljene in sidarne v steno po tehn. specifikaciji proizvajalca sistema	0,18
- hidravlično vezivno lepilo za plošče iz kamene volne, npr. STO Level UNI	0,04
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	0,25
ZAKLJUČNI SLOJ NOTRI: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	0,015

3.1.4 Zunanja stena prostora 30 Socialni pedagog v nadstropju F4

Prenos zvoka glede zaščite delavcev pred zunanjim hrupom po Pravilniku o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni list RS, št. 17/06, 18/06 – popr. in 43/11 – ZVZD-1) in glede dejavnosti, ki se bo opravljala, obravnavamo v zvezi z zunanjo steno prostora 30 Socialni pedagog v nadstropju (F4).

Naredimo vzorčni izračun, ki nam pokaže kakšno zaščito pred zvokom morajo imeti elementi, ki so vgrajeni v stavbi (ovoj stavbe), da zadostimo zahtevam Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list, št. RS, št. 10/12, 61/17 – GZ), Tehnični smernici TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah, in standardom.

V fasadi ni predvidenih nobenih prebojev zaradi prezračevanja ali za druge namene, enako tudi na vseh drugih fasadah. Niso predvidena tudi okna ali druge steklene površine, ki bi imele vgrajen sistem prezračevanja.

Glede na projekt se upošteva naslednja sestava zunanje stene obravnavane stavbe (preglednica 5):

Preglednica 5.

Sestava	Debelina m
ZAKLJUČNI IN TOPLOTNO IZOLACIJSKI SLOJ: opis: sistemska toplotno-izolacijska fasadna obloga visoke trdnosti s trajno hidrofobno finalno površino, odporno na pojave plesni in naslojevanje drugih mikroorganizmov, ustrezno paroprepustna, npr. STOTHERM Mineral s finalno mikrostrukturirano, silikonsko paroprepustno barvo tipa STO-Lotusan-Color, barva bela, finost zrnavosti kot obstoječa fasada – po potrditvi arhitekta	
- finalni tankoslojni nanos - omet, npr. StoLotusan (samočistilni omet), na ustrezno pripravljeno armirano podlago	0,003
- osnovni brezcementni tankoslojni nanos, armiran s stekl. mrežico po sistemski rešitvi proizvajalca, npr. STO-Armat Classic	0,003
- toplotno-izolacijski sloj: mineralna volna, SIST EN 13162, λD= max.0.035 W/mK, npr. KNAUF INSULATION FKD-S Thermal ali enakovredno, plošče so lepljene in sidarne v steno po tehn. specifikaciji proizvajalca sistema	0,18
- hidravlično vezivno lepilo za plošče iz kamene volne, npr. STO Level UNI	0,04
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	0,25
ZAKLJUČNI SLOJ NOTRI: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	0,015

3.2 IZBIRA IZRAČUNA

Izbira izračuna je naslednja (preglednica 6):

Preglednica 6.

Izbira izračuna	
Izračun brez frekvenčnih pasov	✓
Izračun na podlagi terčnih pasov	✗
Izračun na podlagi oktavnih pasov	✗

3.2.1 Zunanja stena prostora 27 Nova učilnica (manjša okna) v nadstropju F1

Glede na projekt smo tako upoštevani naslednje osnove za izračuni in podatke za posamezne gradbene izdelke oz. materiale (preglednica 7):

Preglednica 7.

Gradbeni izdelki oz. materiali	Osnova za izračun	Izvor podatkov
ZAKLJUČNI IN TOPLOTNO IZOLACIJSKI SLOJ: opis: sistemska toplotno-izolacijska fasadna obloga visoke trdnosti s trajno hidrofobno finalno površino, odporno na pojave plesni in naslojevanje drugih mikroorganizmov, ustrezno paroprepustna, npr. STOTHERM Mineral s finalno mikrostrukturirano, silikonsko paroprepustno barvo tipa STO-Lotusan-Color, barva bela, finost zrnavosti kot obstoječa fasada – po potrditvi arhitekta		
- finalni tankoslojni nanos - omet, npr. StoLotusan (samočistilni omet), na ustrezno pripravljeno armirano podlago	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
- osnovni brezcementni tankoslojni nanos, armiran s stekl. mrežico po sistemski rešitvi proizvajalca, npr. STO-Armat Classic	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
- toplotno-izolacijski sloj: mineralna volna, SIST EN 13162, λD= max.0.035 W/mK, npr. KNAUF INSULATION FKD-S Thermal ali enakovredno, plošče so lepljene in sidarne v steno po tehn. specifikaciji proizvajalca sistema	Izračun ΔR_w po SIST EN ISO 12354-1:2017 (dodatek D)	Podatki proizvajalcev, npr. URSA.
- hidravlično vezivno lepilo za plošče iz kamene volne, npr. STO Level UNI	-	-
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za beton.
ZAKLJUČNI SLOJ NOTRI: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
Steklene površine	SIST EN 12758:2011, SIST EN 12354-3: 2017 in podatki	Podatki proizvajalcev, npr Refleks, RS okna.

3.2.2 Zunanja stena prostora 27 Nova učilnica (večje okno) v nadstropju F2

Glede na projekt smo tako upoštevani naslednje osnove za izračuni in podatke za posamezne gradbene izdelke oz. materiale (preglednica 8):

Preglednica 8.

Gradbeni izdelki oz. materiali	Osnova za izračun	Izvor podatkov
ZAKLJUČNI IN TOPLOTNO IZOLACIJSKI SLOJ: opis: sistemska toplotno-izolacijska fasadna obloga visoke trdnosti s trajno hidrofobno finalno površino, odporno na pojave plesni in naslojevanje drugih mikroorganizmov, ustrezno paroprepustna, npr. STOTHERM Mineral s finalno mikrostrukturirano, silikonsko paroprepustno barvo tipa STO-Lotusan-Color, barva bela, finost zrnavosti kot obstoječa fasada – po potrditvi arhitekta		
- finalni tankoslojni nanos - omet, npr. StoLotusan (samočistilni omet), na ustrezno pripravljeno armirano podlago	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
- osnovni brezcementni tankoslojni nanos, armiran s stekl. mrežico po sistemski rešitvi proizvajalca, npr. STO-Armat Classic	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
- toplotno-izolacijski sloj: mineralna volna, SIST EN 13162, λD= max.0.035 W/mK, npr. KNAUF INSULATION FKD-S Thermal ali enakovredno, plošče so lepljene in sidarne v steno po tehn. specifikaciji proizvajalca sistema	Izračun ΔR_w po SIST EN ISO 12354-1:2017 (dodatek D)	Podatki proizvajalcev, npr. URSA.
- hidravlično vezivno lepilo za plošče iz kamene volne, npr. STO Level UNI	-	-
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za beton.
ZAKLJUČNI SLOJ NOTRI: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
Steklene površine	SIST EN 12758:2011, SIST EN 12354-3: 2017 in podatki	Podatki proizvajalcev, npr Refleks, RS okna.

3.2.3 Zunanja stena prostora 28 Pomočnik ravnatelja v nadstropju F3

Glede na projekt smo tako upoštevani naslednje osnove za izračuni in podatke za posamezne gradbene izdelke oz. materiale (preglednica 9):

Preglednica 9.

Gradbeni izdelki oz. materiali	Osnova za izračun	Izvor podatkov
ZAKLJUČNI IN TOPLOTNO IZOLACIJSKI SLOJ: opis: sistemska toplotno-izolacijska fasadna obloga visoke trdnosti s trajno hidrofobno finalno površino, odporno na pojave plesni in naslojevanje drugih mikroorganizmov, ustrezno paroprepustna, npr. STOTHERM Mineral s finalno mikrostrukturirano, silikonsko paroprepustno barvo tipa STO-Lotusan-Color, barva bela, finost zrnavosti kot obstoječa fasada – po potrditvi arhitekta		
- finalni tankoslojni nanos - omet, npr. StoLotusan (samočistilni omet), na ustrezno pripravljeno armirano podlago	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
- osnovni brezcementni tankoslojni nanos, armiran s stekl. mrežico po sistemski rešitvi proizvajalca, npr. STO-Armat Classic	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
- toplotno-izolacijski sloj: mineralna volna, SIST EN 13162, λD= max.0.035 W/mK, npr. KNAUF INSULATION FKD-S Thermal ali enakovredno, plošče so lepljene in sidarne v steno po tehn. specifikaciji proizvajalca sistema	Izračun ΔR_w po SIST EN ISO 12354-1:2017 (dodatek D)	Podatki proizvajalcev, npr. URSA.
- hidravlično vezivno lepilo za plošče iz kamene volne, npr. STO Level UNI	-	-
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za beton.
ZAKLJUČNI SLOJ NOTRI: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
Steklene površine	SIST EN 12758:2011, SIST EN 12354-3: 2017 in podatki	Podatki proizvajalcev, npr Refleks, RS okna.

3.2.4 Zunanja stena prostora 30 Socialni pedagog v nadstropju F4

Glede na projekt smo tako upoštevani naslednje osnove za izračuni in podatke za posamezne gradbene izdelke oz. materiale (preglednica 10):

Preglednica 10.

Gradbeni izdelki oz. materiali	Osnova za izračun	Izvor podatkov
ZAKLJUČNI IN TOPLOTNO IZOLACIJSKI SLOJ: opis: sistemska toplotno-izolacijska fasadna obloga visoke trdnosti s trajno hidrofobno finalno površino, odporno na pojave plesni in naslojevanje drugih mikroorganizmov, ustrezno paroprepustna, npr. STOTHERM Mineral s finalno mikrostrukturirano, silikonsko paroprepustno barvo tipa STO-Lotusan-Color, barva bela, finost zrnavosti kot obstoječa fasada – po potrditvi arhitekta		
- finalni tankoslojni nanos - omet, npr. StoLotusan (samočistilni omet), na ustrezno pripravljeno armirano podlago	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
- osnovni brezcementni tankoslojni nanos, armiran s stekl. mrežico po sistemski rešitvi proizvajalca, npr. STO-Armat Classic	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
- toplotno-izolacijski sloj: mineralna volna, SIST EN 13162, λD= max.0.035 W/mK, npr. KNAUF INSULATION FKD-S Thermal ali enakovredno, plošče so lepljene in sidarne v steno po tehn. specifikaciji proizvajalca sistema	Izračun ΔR_w po SIST EN ISO 12354-1:2017 (dodatek D)	Podatki proizvajalcev, npr. URSA.
- hidravlično vezivno lepilo za plošče iz kamene volne, npr. STO Level UNI	-	-
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za beton.
ZAKLJUČNI SLOJ NOTRI: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	SIST EN ISO 12354-1: 2017 SIST EN ISO 12354-3: 2017	Splošni podatki za omet.
Steklene površine	SIST EN 12758:2011, SIST EN 12354-3: 2017 in podatki	Podatki proizvajalcev, npr Refleks, RS okna.

3.3 MEJNE VREDNOSTI ZUNANJEGA IN NOTRANJEGA HRUPA

3.3.1 Zunanji hrup

Ker podatki o hrupu na mestu, kjer bo stala stavba, niso znani, se upošteva splošna okoljska mejna raven zunanjega hrupa, ki velja za III. območje varstva pred hrupom iz Tehnične smernice TSG-1-005:2012 Zaščita pred hrupom v stavbah (preglednica 11).

Preglednica 11.

Območje varstva pred hrupom	L_{dan} dB(A)
III. območje	60

3.3.2 Notranji hrup

Mejne vrednosti notranjega hrupa L_{Aeq} v stavbah so podane v preglednici 12.

Preglednica 12.

Namembnost prostora	Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} dBA		
	dan	večer	noč
Učilnice, predavalnice, delovni in študijski kabineti, knjižnice, čitalnice ipd.	35	35	35

Iz Pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Ur. l. RS, št. 17/06, 18/06, 43/11-ZVZD) sledi, da mora delodajalec ob upoštevanju tehničnega napredka in temeljnih načel za varnost in zdravje pri delu, določenih v zakonu, z razpoložljivimi ukrepi zagotoviti, da se tveganja, ki izhajajo iz izpostavljenosti hrupu pri delu, odpravijo pri viru ali zmanjšajo na najnižjo možno mero. Delodajalec izpolni obveznost tako, da v primeru zaščite hrupa v stavbah s tehničnimi ukrepi zmanjšuje hrup, ki se širi po konstrukciji, na primer z dušenjem ali izolacijo.

V stavbi so delovna mesta. Mejne vrednosti notranjega hrupa so glede na Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Ur. l. RS, št. 17/06, 18/06, 43/11-ZVZD) podane v preglednici 13.

Preglednica 13.

Zap. štev.	Vrsta delovnih pravil	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, 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

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.)

3.4 ZAHTEVANA ZVOČNA IZOLIRNOST

Zahtevano zvočno izolirnost izračunamo po enačbi (en.1):

$$R(\phi) = L_1 - L_2 + 10\,log\left(\frac{4S\,cos\,\phi}{A_2}\right) \qquad \text{(en.1)}$$

kjer je:

L_1 – povprečna raven zvočnega tlaka pred fasado;
L_2 – povprečna raven zvočnega tlaka v sprejemnem prostoru;
S – površina gradbenega elementa;
A – ekvivalentna zvočno absorpcijska površina;
φ – vpadni kot hrupa.

V difuznem zvočnem polju zvok prihaja iz vseh strani, zato enačbo (en.2) preuredimo v:

$$R_{\square}^{'} = L_{1,s} - L_2 + 10\,log\,\frac{S}{A} \qquad \text{(en.2)}$$

kjer je*:*

$L_{1,s}$ – povprečna raven zvočnega tlaka na zunanji površini gradbenega elementa;
L_2 – povprečna raven zvočnega tlaka v sprejemnem prostoru;
S – površina gradbenega elementa;
A – ekvivalentna zvočno absorpcijska površina.

Na osnovi izračuna ugotavljamo, da mora zahtevana izolirnost zunanje stene znašati (preglednica 14):

Preglednica 14.

Zunanja stena	Zahtevana zvočna izolirnost zunanje stene *R`w*		
	dan	večer	noč
F1	21	21	21
F2	21	21	21
F3	14	14	14
F4	14	14	14

3.5 OSNOVNE ENAČBE

Gradbeno zvočno izolirnost fasade *R`* se po standardu SIST EN 12354-3:2001 za difuzno vpadno zvočno polje računa s seštevanjem zvočnih moči direktnega in stranskega prenosa zvoka skozi vsakega od posameznih gradbenih elementov:

$$R` = -10\,log\left(\sum_{i=1}^{n}\tau_{e,i} + \sum_{f=1}^{m}\tau_f\right) \qquad \text{(en.3)}$$

kjer je*:*

$\tau_{e,i}$ – razmerje med izsevano zvočno močjo fasadnega elementa *i* zaradi direktnega prenosa zvoka na ta element vpadnega zvoka in med vpadajočo zvočno močjo na celotno zunanjo steno (zvočna prevodnost elementa *i* zaradi direktnega prenosa):
τ_f – razmerje med izsevano zvočno močjo fasadnega ali stranskega elementa *f* v sprejemni prostor zaradi stranskega in med vpadajočo zvočno močjo na celotno zunanjo steno (zvočna prevodnost elementa *f* zaradi stranskega prenosa zvoka);
n, m – število fasadnih elementov.

Za majhne elemente in druge gradbene elemente velja:

$$\tau_{e,i} = \frac{A_0}{S}\,10\,log\,1\,0^{-D_{n,e,i}/10} \qquad \text{(en.4)}$$

$$\tau_{e,i} = \frac{S_i}{S}\,10\,log\,1\,0^{-R_i/10} \qquad \text{(en.5)}$$

Zvočna prevodnost danega elementa . ki je sestavljen iz delov j in k, ocenimo po:

$$\tau_e = \sum_{j=1}^{n} \frac{S_j}{S} 10^{-R_j/10} + \frac{l_0}{S} \sum_{k=1}^{m} l_{s,k}\, 10^{-R_{s,k}/10} \qquad \text{(en.6)}$$

kjer je:

S – celotna površina fasade, kot je vidna znotraj, tj. vsota površine vseh elementov;
S_i, S_j – površina elementov;
$D_{n,e,i}$ – normirana razlika zvočnih ravni:
R_i, R_i – zvočna izolirnost elementov;
$R_{s,k}$ – zvočna izolirnost;
S_i – površina elementa *i* v m^2;
$L_{s,k}$ – dolžina elementa s,k;

Pri izračunu zvočne izolirnosti morano upoštevati še spektralni prilagoditvi *C* in C_{tr}, zaradi vpliva nizkih frekvenc (100 – 300 Hz) na zvočno izolirnost (preglednica 15). C_{tr} izračunamo po SIST EN 12354-1:2017 na naslednji način:

$$C_{tr} = \left(16 - 9\, lg \frac{m'}{m_o}\right) \qquad \text{(en.7)}$$

kjer je:

m` – površinska masa predelne stene.

Preglednica 15.

Vrsta hrupa	Spektralni popravek
Dnevne aktivnosti (govor, glasba, radio, TV)	*C*
Otroška igra	
Železniški promet pri srednji in visoki hitrosti	
Cestni promet >80 km/h	
Reaktivno letalo, majhna razdalja	
Tovarne, ki oddajajo hrup na srednjih in visokih frekvencah	
Urbani cestni promet	C_{tr}
Železniški promet pri nizkih hitrostih	
Propelersko letalo	
Reaktivno letalo, večja oddaljenost	
Disco glasba	
Tovarne, ki oddajajo hrup na nizkih in srednjih frekvencah	

Vrednost popravka Ctr polne strehe se giblje od -7 do -1 dB in znaša v našem primeru -7 dB. Ker pa izbira oken še ni znana upoštevamo, za naše namene popravek Ctr -5 dB, da smo na varni strani.

Raven hrupa v prostoru izračunamo na podlagi smernice TSG-1-005:2012 po naslednji enačbi (en.8).

$$L_2 = L_1 - \left(R'_{w,f} + C_{tr,f}\right) + 10\, log\left(\frac{S_f}{A}\right) - \Delta L_{fs} \qquad \text{(en.8)}$$

kjer je:

S_f – površina deleža fasade, ki pripada varovanemu prostoru;
ΔL_{fs}– korekcija zaradi vpliva oblike fasade, skladno s standardom SIST EN 12354-3:2017.

3.6 IZRAČUN ZVOČNE IZOLATIVNOSTI

Izračunana vrednost zvočne izolirnosti je podana v preglednici 16.

Preglednica 16.

Element	Zahtevana zvočna izolirnost $R`_w$ dB	Izračunana zvočna izolirnost $R`_w$ dB	Element	Zahtevana zvočna izolirnost $R`_w$ dB
	dan	večer	noč	
F1	21	21	21	28 (-1, -5)
F2	21	21	21	28 (-1, -5)
F3	14	14	14	21 (-1, -5)
F4	14	14	14	21 (-1, -5)
Element	Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{aeq} dBA	Izračunana vrednost ekvivalentne ravni hrupa L_{aeq} dBA	Element	Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{aeq} dBA
F1	35	35	35	33
F2	35	35	35	33
F3	45	45	45	43
F4	45	45	45	43

3.7 SKLEPNE UGOTOVITVE IN NAVEDBA UKREPOV, V KOLIKOR SO POTREBNI

Ugotoviti je torej na primeru vzorčnega izračuna, da uporabljeni gradbeni elementi stavbe (zunanjega ovoja) omogočajo ustrezno zaščito pred zunanjim hrupom, pri čemer so bila za izračun uporabljena okna in vrata (steklene površine), ki imajo:

- **v primeru F1 izolirnost oken glede na izjavo o skladnosti ali laboratorijsko poročilo najmanj 29 dB. Vrednost 29 dB zapišemo kot 29+Ctr (-1, -Ctr) dB, pri čemer se Ctr običajno giblje od -2 do -5. Nekaj primerov takih zapisov: 31 (-1, -2), ali 34 (-1, -5) dB – v obeh primerih znaša izolirnost 29 dB po odštetju faktorja Ctr.**
- **v primeru F2 izolirnost oken glede na izjavo o skladnosti ali laboratorijsko poročilo najmanj 25 dB. Vrednost 25 dB zapišemo kot 25+Ctr (-1, -Ctr) dB, pri čemer se Ctr običajno giblje od -2 do -5. Nekaj primerov takih zapisov: 27 (-1, -2), ali 30 (-1, -5) dB – v obeh primerih znaša izolirnost 25 dB po odštetju faktorja Ctr.**
- **v primeru F3 izolirnost oken glede na izjavo o skladnosti ali laboratorijsko poročilo najmanj 21 dB. Vrednost 21 dB zapišemo kot 21+Ctr (-1, -Ctr) dB, pri čemer se Ctr običajno giblje od -2 do -5. Nekaj primerov takih zapisov: 23 (-1, -2), ali 26 (-1, -5) dB – v obeh primerih znaša izolirnost 21 dB po odštetju faktorja Ctr.**
- **v primeru F4 izolirnost oken glede na izjavo o skladnosti ali laboratorijsko poročilo najmanj 22 dB. Vrednost 22 dB zapišemo kot 22+Ctr (-1, -Ctr) dB, pri čemer se Ctr običajno giblje od -2 do -5. Nekaj primerov takih zapisov: 24 (-1, -2), ali 29 (-1, -5) dB – v obeh primerih znaša izolirnost 22 dB po odštetju faktorja Ctr. Enako velja za naslednja prostora:**
- **29 Psihologinja v nadstropju.**
- **31 Strokovni delavec v nadstropju**
- **Za vse druge prostore ni zahtev.**

Vendar je ustrezna zaščita pred zunanjim hrupom možna le z izvedbo naslednjih ukrepov glede tesnjenja oken:

- **prehod zvoka preko prepir med okvirjem in krilom okna:**
  - **prepire morajo biti tesnjene z najmanj enim trajnoelastičnim tesnilom v eni ravnini po celotni dolžini prepir**;
- **prehod zvoka prek stika med okenskim okvirjem in gradbeno konstrukcijo:**

- **stik med okenskim okvirjem in gradbeno konstrukcijo mora biti izveden tako, da ne vpliva na zvočno izolirnost okna;**

Glede na izračunane vrednosti zvočne izolirnosti je zagotovljeno, da zunanji hrup ne bo povzročil preseganja mejnih ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq} v varovanih prostorih glede na zgradbo zunanjega ovoja stavbe.

Ugotoviti je tudi, da je omogočena ustrezna zaščita delavcev pred zunanjim hrupom glede na Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Ur. l. RS, št. 17/06, 18/06, 43/11-ZVZD).

4. IZOLACIJA NOTRANJIH LOČILNIH KONSTRUKCIJ PRED HRUPOM V ZRAKU

4.1 ANALIZA OBRAVNAVANIH GRADBENIH ELEMENTOV

4.1.1 Ločilna stena med prostoroma 28 Pomočnik ravnatelja in 29 Psihologinja v nadstropju LS1

Sestava ločilne stene je podana v preglednici 17.

Preglednica 17.

Sestava	Debelina m
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	0,02
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	0,25
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	0,02

4.1.2 Ločilna stena med prostoroma 29 Psihologinja in 28 Socialni pedagog v nadstropju LS2

Sestava ločilne stene je podana v preglednici 18.

Preglednica 18.

Sestava	Debelina m
ZAKLJUČNI SLOJ: - 2 sloja impregnirane gradbene mavčnokartonske plošče (2x 12,5 mm), kitano, beljeno	0,025
KONSTRUKCIJA: - Sistemska pločevinasta podkonstrukcija z vmesno TI iz kamene volne	0,10
ZAKLJUČNI SLOJ: - 2 sloja impregnirane gradbene mavčnokartonske plošče (2x 12,5 mm), kitano, beljeno	0,025

4.1.3 Ločilna stena z vrati med prostoroma 27 Nova učilnica in hodnikom v nadstropju LS3

Sestava ločilne stene je podana v preglednici 19.

Preglednica 19.

Sestava	Debelina m
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	0,02
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	0,25
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	0,02

4.1.4 Ločilna stena brez vrat med prostoroma 27 Nova učilnica in hodnikom v nadstropju LS4

Sestava ločilne stene je podana v preglednici 20.

Preglednica 20.

Sestava	Debelina m
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	0,02
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	0,25
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	0,02

4.1.5 Vrata učilnice Vr1

Vrata so lesena.

4.2 IZBIRA IZRAČUNA

Izbira izračuna je naslednja (preglednica 21):

Preglednica 21.

Izbira izračuna	
Izračun brez frekvenčnih pasov	✓
Izračun na podlagi terčnih pasov	X
Izračun na podlagi oktavnih pasov	X

4.2.1 Ločilna stena med prostoroma 28 Pomočnik ravnatelja in 29 Psihologinja v nadstropju LS1

Glede na projekt so tako upoštevani naslednji izračuni in podatki za posamezne gradbene izdelke oz. materiale (preglednica 22).

Preglednica 22.

Sestava	Osnova za izračun	Izvor podatkov
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	SIST EN 12354-1: 2017	Splošni podatki za omet.
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	SIST EN 12354-1: 2017 in podatki	Podatki proizvajalcev, npr. Goriške opekarne.
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	SIST EN 12354-1: 2017	Splošni podatki za omet.

4.2.2 Ločilna stena med prostoroma 29 Psihologinja in 28 Socialni pedagog v nadstropju LS2

Glede na projekt so tako upoštevani naslednji izračuni in podatki za posamezne gradbene izdelke oz. materiale (preglednica 23).

Preglednica 23.

Sestava	Osnova za izračun	Izvor podatkov
ZAKLJUČNI SLOJ: - 2 sloja impregnirane gradbene mavčnokartonske plošče (2x 12,5 mm), kitano, beljeno	SIST EN 12354-1: 2017 in podatki	Podatki proizvajalcev, npr. Knauf.
KONSTRUKCIJA: - Sistemska pločevinasta podkonstrukcija z vmesno TI iz kamene volne		
ZAKLJUČNI SLOJ: - 2 sloja impregnirane gradbene mavčnokartonske plošče (2x 12,5 mm), kitano, beljeno		

4.2.3 Ločilna stena z vrati med prostoroma 27 Nova učilnica in hodnikom v nadstropju LS3

Glede na projekt so tako upoštevani naslednji izračuni in podatki za posamezne gradbene izdelke oz. materiale (preglednica 24).

Preglednica 24.

Sestava	Osnova za izračun	Izvor podatkov
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	SIST EN 12354-1: 2017	Splošni podatki za omet.
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	SIST EN 12354-1: 2017 in podatki	Podatki proizvajalcev, npr. Goriške opekarne.
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	SIST EN 12354-1: 2017	Splošni podatki za omet.

4.2.4 Ločilna stena brez vrat med prostoroma 27 Nova učilnica in hodnikom v nadstropju LS4

Glede na projekt so tako upoštevani naslednji izračuni in podatki za posamezne gradbene izdelke oz. materiale (preglednica 25).

Preglednica 25.

Sestava	Osnova za izračun	Izvor podatkov
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	SIST EN 12354-1: 2017	Splošni podatki za omet.
KONSTRUKCIJA: - zidana stena (z a.b. vezmi) s porozno opeko višine 19 cm (kot npr. GO MAX 25 PU (500x250x190), GO TERM 25 PU (390x250x190) ali enakovredno)	SIST EN 12354-1: 2017 in podatki	Podatki proizvajalcev, npr. Goriške opekarne.
ZAKLJUČNI SLOJ: - notranji apneno-cementni strojni omet (kot npr. Baumit MPI 25 ali enakovredno), kitano, beljeno	SIST EN 12354-1: 2017	Splošni podatki za omet.

4.2.5 Vrata učilnice Vr1

Glede na projekt so tako upoštevani naslednji izračuni in podatki za posamezne gradbene izdelke oz. materiale: Podatki proizvajalcev vrat.

4.3 MEJNE VREDNOSTI IZOLIRNOSTI PRED HRUPOM V ZRAKU

4.3.1 Poslovne in upravne stavbe, trgovske stavbe in stavbe za storitvene dejavnosti, postajna poslopja , terminali, muzeji in knjižnice (CC-SI 122, 123, 1241, 1262)

Mejne vrednosti, ki so predmet tega projekta, so v preglednici 26.

Preglednica 26.

Zap. štev.	Funkcija ločilne konstrukcije	R'_w dB
7.3	Stena brez vrat med drugimi delovnimi prostori istega uporabnika.	46

4.3.2 Stavbe za izobraževanje in znanstvenoraziskovalno delo (CC-SI 1263)

Mejne vrednosti, ki so predmet tega projekta, so v preglednici 27.

Preglednica 27.

Zap. štev.	Funkcija ločilne konstrukcije	R'_w dB
9.5	Vrata med učilnico ali kabinetom in hodnikom	37
9.7	Stena med učilnico ali kabinetom in hodnikom, v katero so vgrajena vrata	47
9.9	Stena brez vrat med učilnico ali kabinetom in hodnikom ali stopniščem	52

4.3.3 Mejne ravni notranjega hrupa

Mejne ravni hrupa L_{Afmax}, ki ga v posameznih varovanih prostorih stavbe povzroča hrup iz prostorov različne namembnosti, ne smejo preseči vrednosti iz preglednice 28.

Preglednica 28.

Prostor	Mejne ravni hrupa L_{Afmax}[1,2] dBA
Učilnice, predavalnice, delovni in študijski kabineti, knjižnice, čitalnice ipd.	40

[1] Mejne vrednosti ravni hrupa se nanašajo na opremljene prostore.
[2] Posamezne kratkotrajne konice hrupa, ki nastajajo pri uporabi vodovodnih instalacij in armatur v sosednjih prostorih, se ne upoštevajo.

4.4 OSNOVNE ENAČBE

Po SIST EN ISO 12354-1:2017 izračunamo zvočno izolirnost notranjih ločilnih konstrukcij pred hrupom $R`_w$:

$$R`_w = -10\,log\left[\tau_d + \sum_{i=1}^{n}\tau_f + \sum_{e=1}^{m}\tau_e + \sum_{s=1}^{k}\tau_s\right] \quad \text{(en.9)}$$

kjer je:

$\tau`$ – razmerje med celotno zvočno močjo, izsevano v sprejemni prostor, ter zvočno močjo, vpadlo na del ločilnega elementa, ki je skupen obema prostoroma, ki se obravnavata;

τ_d – razmerje med zvočno močjo, izsevano iz dela ločilnega elementa, skupnega obema prostoroma, in zvočno močjo, vpadlo na del ločilnega elementa,

τ_f – razmerje med zvočno močjo, izsevano iz stranskega elementa f v sprejemnem prostoru, in zvočno močjo, vpadlo na del ločilnega elementa;

τ_e – razmerje med zvočno močjo, izsevano zaradi direktnega prenosa zvoka v zraku v sprejemni prostor iz elementa, ki predstavlja del ločilnega elementa, ter zvočno močjo, vpadlo na del ločilnega elementa, ki je skupen obema prostoroma v stavbi;

τ_s – razmerje med zvočno močjo, izsevano v sprejemni prostor iz sistema s zaradi indirektnega prenosa zvoka v zraku, upadlega na ta sistem, ter zvočno močjo, vpadlo na del ločilnega elementa, ki je skupen obema prostoroma.

Enačbo (en.7) prepišemo v naslednjo obliko:

$$R`_w = -10\,log\left[10^{-\frac{R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^{n}10^{-\frac{R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^{n}10^{-\frac{R_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=1}^{n}10^{-\frac{R_{Fd,w}}{10}}\right] \quad \text{(en.10)}$$

kjer je:

$R_{Dd,w}$ – ovrednotena zvočna izolirnost za neposredni prenos zvoka med prostori v stavbi:

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} \quad \text{(en.11)}$$

$R_{Ff,w}$, $R_{Df,w}$, $R_{Fd,w}$ – ovrednotena izolirnost pred stranskim prenosom zvoka med prostori v stavb:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}+R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10\,log\,\frac{S_s}{i_0 i_f} \quad \text{(en.12)}$$

$\Delta R_{Dd,w}$, $\Delta R_{Fd,w}$, $\Delta R_{Df,w}$ – ovrednoteno skupno izboljšanje zvočne izolirnosti med elementi;

S_s – površina ločilnega elementa;

l_f – dolžina spoja, ki je skupen ločilnemu elementu in pa stranskima elementoma i in j;

K_{Ff} , K_{Fd} , K_{Df} – faktorji dušenja vibracij za različne poti prenosa K_{ij}.

Za osnovni gradbeni element z ovrednoteno zvočno izolirnostjo v razponu 20 dB <Rw <60 dB se skupno izboljšanje zvočne izolirnosti zaradi dodatnega sloja lahko oceni na podlagi naslednje enačbe:

$$R_w^{`} = 74{,}4 - 20\lg(f_0) - R_w/2 \quad 30\ \text{Hz} \le f_0 \le 160\ \text{Hz} \quad \text{(en.13)}$$

kjer je:

f_0 – resonančna frekvenca:

4.5 IZRAČUN ZVOČNE IZOLATIVNOSTI PRED HRUPOM V ZRAKU

Izračunana vrednost zvočne izolacije je podana v preglednici 29.

Preglednica 29.

Element	Zahtevana zvočna izolirnost $R`_w$ dB	Izračunana zvočna izolirnost $R`_w$ dB
LS1	46	53
LS2	46	48
LS3	47	53
LS4	52	53
Vr1	37	42

*Primerjava z merilnim rezultati, pridobljenimi v različnih laboratoriji v zadnjih tridesetih letih, kaže, da so merilni rezultati v območju -4 dB do +8 dB okoli ponazorjenih krivulj (slika B.2 standarda SIST EN 12354-1:2017). Relativno velik raztros je posledica različnih vplivov, pri čemer se nekateri nanašajo na specifične lastnosti proizvoda, nekateri pa se nanašajo na lastnosti laboratorijev in uporabljenih merilnih metod. Navedena dejstva se odražajo v različnih empiričnih »zakonih mase«, ki so bili ali so še v uporabi po Evropi in katerih primeri so ponazorjeni na sliki B.2. omenjenega standarda. V tem elaboratu smo uporabili enačbo B.5), ki predstavlja povprečje med različnimi empiričnimi »zakoni mase«.

4.6 SKLEPNE UGOTOVITVE IN NAVEDBA UKREPOV, V KOLIKOR SO POTREBNI

Ugotoviti je torej, da je omogočena ustrezna zaščita pred hrupom v zraku z izvajanjem naslednega ukrepa:

- **v primeru LS2 mora biti izolirnost lahkih predelnih sten glede na izjavo o skladnosti ali laboratorijsko poročilo najmanj 48 dB. Vrednost 48 dB zapišemo kot 48+Ctr (-1, -Ctr) dB, pri čemer se Ctr običajno giblje od ca. -5 do ca. -8 za stene debeline 150 mm. Primer takega zapisa je 53 (-2, -5) dB –izolirnost torej znaša 48 dB po odštetju faktorja Ctr.**

Glede na izračunane vrednosti zvočne izolirnosti med prostori tudi ocenjujemo, da hrup iz prostorov druge namembnosti v varovanih prostorih ne bo presegal mejne ravni hrupa L_{Afmax} glede na vgrajeno zvočno izolirnost in ukrepe.

Ugotoviti je tudi, da je omogočena ustrezna zaščita delavcev pred hrupom v zraku glede na Pravilnik o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Ur. l. RS, št. 17/06, 18/06, 43/11-ZVZD).

5. HRUP OBRATOVALNE OPREME

5.1 ANALIZA OBRATOVALNE OPREME

5.1.1 Uvod

Zvočno raven v prostoru zaradi obratovalne opreme (inštalacije, stroji ipd.) tvorita zmes zvoka v zraku in strukturnega zvoka. Kateri od obeh prevladuje je odvisno od vrste obratovalne opreme in od vrste konstrukcije stavbe. Pri obratovalni opremi gre za velike razlike med zelo različno opremo, poleg tega so tukaj še različni načini namestitve le-te. Določena namestitev je namreč pogosto vir zvoka v zraku in strukturnega zvoka. Poleg tega obratovalno opremo pogosto tvorijo različni viri zvoka in različne točke povezave med opremo in gradbeno konstrukcijo. Ocenjevanje ravni hrupa zaradi obratovalne opreme v stavbah je torej zapletena naloga ter strukturnega zvoka in prevajanja ni mogoče v celoti razumeti. Poleg tega so velike razlike med različno opremo ter namestitvami in je določena namestitev pogosto vir obeh, zvoka v zraku in strukturnega zvoka. **Iz tega sledi, da je postopek ocenjevanja zvočnih lastnosti stavb zaradi delovanja obratovalne opreme kompleksen postopek**. Šele meritve hrupa v stavbi pokažejo prave vrednosti. Zato na nivoju podamo ukrepe, ki zmanjšajo hrup obratovalne opreme v prostorih v stavbi na minimum.

V splošnem obstajajo v okviru strojnih inštalacij tri poti prenosa zvoka:

- prenos v zraku skozi cevi in/ali kanale;
- prenos zvoka v zraku skozi konstrukcijo stavbe;
- prenos strukturnega zvoka po gradbeni konstrukciji.

Stojne inštalacije so eden izmed najpomembnejših virov hrupa v stavbah. Zaradi zelo dobre izolativnosti stavb proti zunanjemu hrupu (hrup iz okolja) so postale zelo pomemben vir hrupa ali boljše rečeno: zelo slišen vir hrupa in zato celo moteč. Zato so nujni posebni ukrepi, ki zmanjšajo raven hrupa v prostoru na predpisano raven hrupa, pač tam, kjer je to posebej predpisano, vendar izkušnje kažejo, da so določeni normativi, ki sicer ne izhajajo iz predpisov, navajajo pa jih smernice in/ali standardi, potrebni tudi drugod.

Delovanje strojnih inštalacij je tudi vir vibracij v stavbah, ki se širijo v sosednje prostore, kjer bivajo ali pa delajo ljudje, po ceveh, izpuhih iz prezračevanja ipd. in pa sami strukturi stavbe, povzročajo pa tudi sekundarni hrup zaradi vibracij sten, stropov, tal in samih inštalacij. Strojne inštalacije se sestojijo iz sistema kanalov. Vsak element sistema kanalov je lahko prenosni element in tudi vir zvoka.

Glede na projekt v stavbi ni raznih strojev, saj ne gre za proizvodni ali podoben objekt, prisotni so le stroji gospodinjske opreme (npr. pralni stroj ali pa pomivalni stroj), dvigalo in pa zunanje enote strojnih inštalacij. Glede na načrt strojnih inštalacij se v stavbi predvidene naslednje strojne inštalacije:

- prezračevanje;
- vodovodna inštalacija;
- ogrevanje in hlajenje;
- fekalna kanalizacija;
- dvigalo.

5.1.2 Prezračevanje

Prezračevanje samo za kuhinjo bo izvedeno ločeno, z dovodnimi in odvodnimi prezračevalnimi elementi, vključno s kuhinjskim stropom in kanalskim razvodom do klimata. Tudi klimat bo namenjen izključno prezračevanju kuhinje ter pomožnih prostorov za kuhinjo oziroma prostorov, ki spadajo v sklop kuhinje. Prezračevanje bo tudi za avlo in jedilnico.

5.1.3 Vodovodna inštalacija

Vodovod za kuhinjo bo potrebno v celoti načrtovati in izvesti na novo. Točka priklopa hladne, tople vode in cirkulacije se določi tako, da ne bomo imeli mrtvih krakov. Ogrevanje tople sanitarne vode za kuhinjo bo izvedeno iz prenovljene toplotne postaje za pripravo tople sanitarne vode. Prenovljen sistem STV za odcep kuhinje in odcep telovadnice se ogreva poleti s toplotno črpalko, pozimi oziroma v času kurilne sezone pa iz kolovnice na sekance prek toplotne podpostaje. V rezervi imamo za ogrevanje tudi obstoječ oljni kotel – tako za radiatorsko ogrevanje kot tudi za ogrevanje sanitarne tople vode.

5.1.4 Ogrevanje in hlajenje

Osnovno ogrevanje bo izvedeno iz biomasne kotlovnice na sekance, toplozračno, prek prezračevalnega sistema. Za primer, ko prezračevalni sistem ne bo deloval (izven delovnega časa kuhinje) pa je predviden radiatorski sistem ogrevanja s priklopom na obstoječ ogrevalni sistem. Podrobnejši opis ogrevanja glej pri opisu vodovoda – ogrevanje je obrazloženo v kombinaciji z ogrevanjem sanitarne tople vode.

Zaradi velikih toplotnih obremenitev kuhinje je predvideno hlajenje s hladilnim agregatom prek prezračevalnega sistema kuhinje. Tudi avlo in jedilnice bomo skladno s toplotnim izračunom hladili prek prezračevalnega sistema s hladilnim agregatom. Pri manjših lokalnih sistemih pa bomo, če bo to primerno, uporabili pohlajevanje s konvektorji v povezavi s hladilnim agregatom, s split hladilnimi sistemi prek prezračevalnih sistemov ali s hladilnimi registri klimatov, vezanih na hladilni agregat.

5.1.5 Fekalna kanalizacija

Kanalizacijo bo potrebno v celoti izvesti na novo in sicer tako, da bo kanalizacija kuhinje ločena in speljana z ločeno vejo izven objekta osnovne šole.

5.1.6 Dvigalo

V stavbi je tudi dvigalo.

5.2 MEJNE VREDNOSTI

5.2.1 Notranji hrup

Mejne ravni hrupa L_{afmax}, ki ga v varovanih prostorih stavbe povzroča obratovalna oprema ne sme preseči vrednosti iz preglednice 28.

5.3 OSNOVNE ENAČBE

Po SIST EN 12354-5:2017 znaša normirana raven zvočnega tlaka L_n v prostoru:

$$L_n = 10\,log\left[\sum_{i=1}^{m} 10^{L_{n,d,i}/10} + \sum_{j=1}^{n} 10^{L_{n,a,j}/10} + \sum_{k=1}^{o} 10^{L_{n,s,k}/10}\right] \qquad \text{(en.14)}$$

kjer je:

$L_{n,d,i}$ – normirana raven zvočnega tlaka zaradi prenosa skozi cev ali pa kanal za vir *i;*

$L_{n,a,j}$ – normirana raven zvočnega tlaka zaradi prenosa zvoka po zraku skozi strukturo stavbe za vir *j;*

$L_{n,s,k}$ – normirana raven zvočnega tlaka zaradi prenosa strukturnega zvoka skozi konstrukcijo stavbe za vir *k*, v decibelih:

m – število virov zvoka, ki se nanašajo na prenos skozi kanal;

n – število virov zvoka v zraku;

o – število virov strukturnega zvoka.

5.4 UKREPI IN PRIPOROČILA ZA ZMANJŠANJE HRUPA IN VIBRACIJ V ZVEZI S PREZRAČEVANJEM, V KOLIKOR SO POTREBNI

Prezračevanje je glavni vir hrupa v stavbah v primerjavi z drugimi strojnimi inštalacijami. Gre za stalni vir hrupa, kar je temeljna razlika od drugih strojnih inštalaciji, kje je značilen le prehoden hrup, razen ogrevanja z vodo.

Prezračevalni sistemi v stavbi vsebujejo veliko opreme in delov z različnimi viri zvoka in prenosnimi potmi. Primarni viri zvoka v prezračevalnem sistemu so pogosto locirani znotraj prezračevalne enote, nameščene v prostoru za obratovalno opremo ali na vrhu stavbe. Tipična enota za pripravo zraka navadno vsebuje ventilatorje, elektromotorje, mehanske prenosne linije, hladilne kompresorje, črpalke za vodo, vlažilnike, grelne ali hladilne enote, filtre in lopute na motorni pogon. Predpostavlja se, da je ventilator glavni vir strukturnega zvoka v prezračevalnem sistemu. Drugi viri zvoka so lahko locirani znotraj zračnih kanalov in končnih enot, v katerih zvok povzroča turbulenca zraka ali zračni tok na ostrih robovih. Značilno je, da zvok, ki nastaja zaradi zračnega toka, narašča s hitrostjo pretoka zraka. Upošteva se lahko tudi zvok, ki ga sevajo nihajoče stene kanalov. Zvok lahko prihaja v kanal tudi skozi steno, vstopno ali izstopno odprtino, če je kanal izpostavljen visokim ravnem zvočnega tlaka, kar je lahko v jašku ali prostoru z opremo. Prenos zvoka iz ventilacijskega sistema na stavbo je v glavnem zračni zvok skozi kanale, včasih strukturni zvok ventilatorjev ali motorjev in včasih zvok v zraku skozi stavbo.

5.4.1 Ukrepi in priporočila po SIST EN 12354-5:2017

Ukrepi in priporočila po SIST EN 12354-5:2017 se nanašajo zlasti na inštalacije prezračevanja in klimatizacije, vendar se lahko uporabijo tudi za druge strojne inštalacije, v katerih se prenašajo mediji (recimo za vodovod).

Splošno. Pogosto je treba prostor z opremo, njegovo mesto v stavbi in konstrukcijo stavbe načrtovati v začetni fazi načrtovanja, ko še ni podrobnih podatkov. Na tej stopnji težko narediti podrobne izračune. Da bi bile nekatere odločitve o konstrukciji lažje, se lahko uporabijo naslednja groba pravila. Ta so podana za sistem prezračevanja, vendar so v splošnem uporabna tudi za druge strojne inštalacije.

Izbira opreme. Bistveno je, da so tlaki in pretoki enote za prezračevanje optimizirani glede na zvok. Zapleteni sistem kanalov z veliko krivinami in spremembami mer povzroča velik padec tlaka in ventilator mora delovati pri visokem tlaku. Delovanje pri visokem tlaku in slaba pretočnost povzročata velike ravni zvoka in vibracij v kanalih in tudi strukturnega zvoka. Grobo pravilo je, da je najbolj energijsko učinkovito obratovanje pogosto tudi najtišje. Za tih prezračevani sistem je značilno, da vsebuje kanale z velikimi prerezi, zmernimi krivinskimi radiji, difuzorji zraka, prostore za komore za porazdelitev tlakov pred ventilatorjem in za njim ter dušilnike z majhnimi padci tlakov. Cenovno se splača primerjati različne vrste enot in načrtovanja kanalov ter upoštevati, da emisija zvoka enot in kanalov postavlja za konstrukcijo stavbe različne zahteve glede izolacije pred zvokom in vibracijami.

Izolacija prostora za opremo proti zvoku v zraku. Za plošče in stene imajo prednost težka gradiva, npr. zidaki, beton ipd. Če se uporabljajo lahke dvojne stene, naj bodo konstruirane tako, da so osnovne resonančne frekvence dvojne stene veliko nižje od osnovnih frekvenc prezračevalne enote. To se lahko doseže z veliko površinsko maso (tj. 3-5 leg mavčnih plošč na vsaki strani), z elastičnimi oporniki ali kanali, z veliko zračno režo in največjo množino zvočno absorpcijskega materiala.

Izolacija pred strukturnim zvokom in vibracijami. Enote za pripravo zraka ne smejo biti nameščene neposredno na plavajočem podu, plošči iz plinjenega betona, na lesenih tleh na tramovih ali konstrukcijah z jeklenimi ploščami. Priporočena praksa je gradnja ločene konstrukcije za prezračevalno enoto, ki je čim bolj toga (jekleni profili z velikim vztrajnostnim momentom). Vibracijski izolatorji morajo biti načrtovani z najmanj 3-krat manjšo osnovno resonančno frekvenco fi_{sol}, kot je resonančna frekvenca konstrukcije $f_{structure}$. Vibracijski izolatorji in tudi konstrukcija naj bodo načrtovani s čim večjim faktorjem strukturnih izgub.

Cevi in sistem kanalov. Nihajoči deli opreme, ki so obešeni na notranjih ali zunanjih vibracijskih izolatorjih, npr. motor, ventilator, črpalke itd., ne smejo biti v stiku s konstrukcijo stavbe, ker to znatno poveča strukturni zvok. Električne napeljave, cevi za oskrbo z vodo, hidravlične gibke cevi, kanali itd. ne smejo biti pritrjeni neposredno na konstrukcijo stavbe. Objemke morajo biti opremljene z vibracijskim izolacijskim materialom ali trdno vpete v podnožja in od njega ločene z elastično podlogo. Elastični materiali, uporabljeni za podloge ali objemke, naj ohranijo elastične lastnosti pri fizikalnih ali okoljskih obremenitvah (tj. odporni so proti vlagi, alkalijam ali organskim spojinam).

5.4.2 Ukrepi in priporočila po ASHRAE

V spodnji preglednici so predstavljeni ukrepi in priporočila po smernici ASHRAE, na katero se sklicuje standard SIST EN 12354-5:2017, ki jih je treba upoštevati:

Preglednica 30.

Prenosna pot	Zahteve po ASHRAE	Ukrepi in priporočila, ki jih je treba izvesti glede na projekt strojnih inštalacij
Aerodinamični in strukturni hrup, ki se širita skozi stene kanala	Načrtovanje cevi na način, ki povzročajo majhne turbulence v cevnem sistemu s čim manj krivin in premerov; izolacija cevi od konstrukcije stavbe (stene, tla, stropovi ipd,) z ustreznim elatičnim zvočno izolativnim materialom ali pa s pritrditvijo na stene z elastičnimi pritrditvami.	**Ukrep je treba uporabiti povsod v okviru prezračevanja,**
Vibracije, ki se širijo skozi strukturo stavbe v bližnje stene, stropove in tla.	Hrupno opremo je treba pravilno namestiti na ustrezne izolatorje	**Ukrep je treba izvesti v zvezi z vsemi zunanjimi enotami.**
Prenos vibracij po ceveh in stenah cevi	Izolacija cevi od konstrukcije stavbe (stene, tla, stropovi ipd,) z ustreznim elatičnim zvočno izolativnim materialom ali pa s pritrditvijo na stene z elastičnimi pritrditvami.	**Ukrep je treba uporabiti povsod v okviru prezračevanja.**

5.4.3 Aerodinamični hrup

V nadaljevanju so podani še posebej ukrepi in priporočila za aerodinamični hrup. Aerodinamični hrup nastajat pri gibanju kapljevin v strojnih inštalacijah. Glavni vir tega hrupa so vrtinci ali turbulence, zato je večina ukrepov vezana na njihovo znižanje. To dosegamo zlasti z naslednjimi ukrepi:

Preglednica 31.

Zahteve po TSG-1-005:2012	Ukrepi in priporočila, ki jih je treba izvesti glede na projekt strojnih inštalacij
Znižanje hitrosti medija	**V kolikor je to mogoče je treba znižati hitrost medija**
Posegi na ventilih in drugih ovirah: zmanjšanje njihove velikosti, optimizacija njihove oblike	**Kjer koli je treba uporabiti opremo, kjer se lahko zmanjša njihova velikost, vendar da ni pri tem ogroženo delovanje inštalacij. Manjša oprema pomeni manj hrupa in vibracij.**
Izogibanjem ostrim kolenom, spremembam presekov v cevovodih.	**Izogibanjem ostrim kolenom, spremembam presekov v cevovodih.**
Pritrditvi cevi na steno z elastično pritrditvijo.	**Izolacija cevi od konstrukcije stavbe (stene, tla, stropovi ipd,) z ustreznim elatičnim zvočno izolativnim materialom ali pa s pritrditvijo na stene z elastičnimi pritrditvami.**
Posegi na ceveh – npr. fleksibilne povezave cevi	**Cevi je treba medsebojno fleksibilno povezati, tako, da se doseže čim manjši prenos vibracij in pa celo nastanek novih vibracij in pa hrupa.**
Uporaba čim daljših odsekov ravnih cevi	**Zaželeno je, da se uporabijo odseki med elementi v cevnem sistemu dolžine 5-10 premerov cevi.**

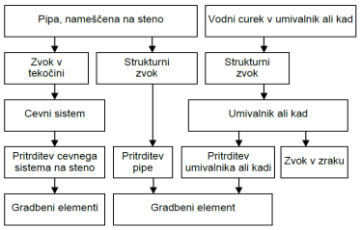
5.5 UKREPI IN PRIPOROČILA ZA ZMANJŠANJE HRUPA IN VIBRACIJ V ZVEZI Z VODOVODNO INŠTALACIJO, V KOLIKOR SO POTREBNI

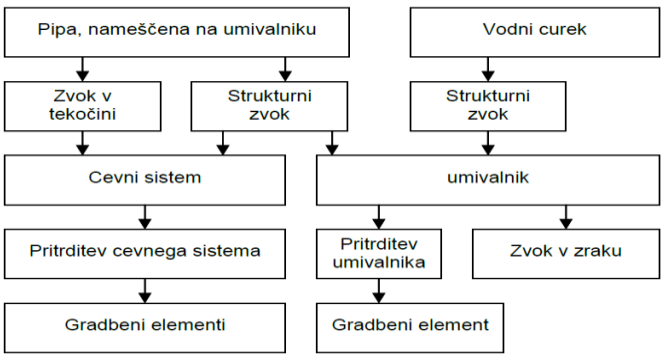
5.5.1 Viri hrupa v vodovodni inštalaciji

Zvok sistema za oskrbo z vodo vsebuje ves zvok, ki ga proizvajajo pipe, ventili, črpalke itd. v omrežju sveže vode, zvok zaradi pretoka v samem cevnem sistemu in zvok pri polnjenju kopalnih kadi, pomivalnih ali drugih korit z vodo. To vključuje zvok zaradi spiranja, npr. šob pri prhi ipd. Viri v vodovodnem sistemu običajno povzročajo strukturni zvok, ki se neposredno prenaša na konstrukcijo stavbe ali v montažne elemente, in pa zvok v vodi, kakor je prikazano spodaj:

Preglednica 32.

Vodovodna inštalacija	Vzbujanje	Prenos na stavbo prek				
	Zvok v zraku	Strukturni zvok	Zvok v tekočini	Neposd. montaža	Montažni element	Cevi
Viri hrupa v vodovodni inštalaciji	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ventili in pipe vseh vrst		✓	✓	✓	✓	✓
Cevi		✓	✓	✓	✓	✓
Izplakovalni kotlički	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(Cirkulacijski) grelniki vode	(✓)	✓	✓	✓	✓	(✓)
Korita (Kopalne kadi, kadi za tuširanje, umivalniki, kuhinjski odtoki, pomivalna korita)	✓	✓		✓	✓	
Ojačevalne (booster) črpalke	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ventili in pipe vseh vrst		✓	✓	✓	✓	✓
Cevi		✓	✓	✓	✓	✓
Izplakovalni kotlički	✓	✓	✓	✓	✓	✓
(Cirkulacijski) grelniki vode	(✓)	✓	✓	✓	✓	(✓)
Ojačevalne (booster) črpalke	✓	✓	✓	✓	✓	✓





V zvezi z vodovodno inštalacijo tako obstajajo naslednji primeri nastanka zvoka:

- sevanje zvoka v zrak;
- strukturni zvok, ki se neposredno prenanaša na stavbo ali stične elemente;
- strukturni zvok v vodi, ki se prenaša po sistemu cevi.

Hrup v vodovodni inštalaciji nastane predvsem zaradi pip, kjer je največ sprememb v premeru med zgradbo pip in pa cevnim sistemom, kar povzroča turbulenco, kavitacijo in

pulzacije. Najmočnejši viri hrupa so tako armature (pipe in ventili). Hrup zaradi vodovodne inštalacije nastaja predvsem v zožitvah v prečnem prerezu znotraj armatur in ne v samih ceveh. V armaturah nastajajoč zvok vode potuje le malo oslabljen po vodni inštalaciji. Čeprav so pipe vir hrupa, pa je njihova večja vloga pri nastanku vibracij, ki se prenašajo po cevnem sistemu.
Ker je vodovodna napeljava (cevni sistem) razvejana po celi zgradbi, je hrup teh instalacij med najpogostejšimi vzroki za motnje. Šum povzročata turbulenca in kavitacija, kar se prenaša po konstrukciji. Šum v samih ceveh je običajno precej nižji od hrupa, ki nastaja v armaturah. Hrup povzroča še natakanje vode v kopalne kadi in splakovanje. Velik hrup lahko povzroča tudi naprava za dvig tlaka, predvsem elektromotorji črpalk in ventili. Pomen virov hrupa v vodovodni inštalaciji je prikazan v spodnji preglednici:

Preglednica 33.

Komponenta	Mehanizem nastanka hrupa	Pomen hrupa
Cevi		
Stiki	Turbulenca	Minimalen
Kolena	Turbulenca	Minimalen
Razvodi	Turbulenca	Minimalen
Pritrjena oprema		
Kuhinjski lijak	Kavitacija/turbulenca/pljusk/odvajanje odpadne vode	Minimalen
Banja	Kavitacija/turbulenca/pljusk/odvajanje odpadne vode	Zelo pomemben
Bide	Kavitacija/turbulenca/pljusk/odvajanje odpadne vode	Pomemben
Prha	Kavitacija/turbulenca/pljusk/odvajanje odpadne vode	Zelo pomemben
Lijak	Kavitacija/turbulenca/odvajanje odpadne vode	Pomemben
Ventili	Kavitacija/turbulenca	Pomemben
Školjka	Kavitacija/turbulenca/pljusk/odvajanje odpadne vode	Zelo pomemben
Oprema		
Pomivalni stroj	Vibracije/kavitacija/pršenje	Zelo pomemben
Pralni stroj	Vibracije/kavitacija/delovanje motorja	Zelo pomemben
Bojler	Kavitacija/turbulenca	Minimalen
Črpalke	Rotacijski tok/kavitacija/delovanje motorja	Pomemben

5.5.2 Ukrepi in priporočila

V nadaljevanju navajamo še nekatere druge ukrepe in priporočila za zmanjšanje hrupa in vibracij v vodovodnih sistemih, razen tistih, ki so navedeni v poglavju 6.4, ki se sicer uporabljajo za zrak kot medij, vendar so uporabni tudi za vodovodne inštalacije:

- **preprečiti je treba hitro zapiranje pip in ventilov;**
- **uporaba pip akustične skupine I glede na standard EN 817;**
- **pipe, nameščene neposredno na korita (umivalniki, kuhinjski odtoki, pomivalna korita).**

5.6 UKREPI IN PRIPOROČILA ZA ZMANJŠANJE HRUPA IN VIBRACIJ V ZVEZI S FEKALNO KANALIZACIJO, V KOLIKOR SO POTREBNI

Vibracije nastajajo zaradi pretoka in padanja vode v sistemu cevi in neposredno sevajo zvok (v zraku) ali se prenašajo na sprejemno konstrukcijo (stene ali tla, na katera je pritrjena inštalacija), ki seva zvok (strukturni zvok). Posebej moteči so šumi odtokov zvečer in nočnih

urah. Šumi odtokov v odtočnih vodih nastanejo zaradi preusmeritve odtočnega toka, povezave zbirnih cevi v območju vertikalnega odtoka in iztokom v odvodnih napravah. Nastanek neposrednega udarnega zvoka v odtočnih ceveh nastane zaradi udarca vode na steno cevi, kar povzroči nihanja cevi, posebej pri preusmeritvah v priključnih kosih, zlasti v območju kolen. Z odtekajočo vodo nastaja zaradi turbulence t.i. zvok »pluskanja«, ki se kot zvok v zraku prenaša na cev.

Ukrepi in priporočila za zmanjšanje hrupa, ki so opisani v poglavju 6.4, lahko uporabimo tudi tukaj. Čeprav so res napisani za zrak kot medij, pa se v dobršni meri lahko uporabljajo tudi za sisteme za transport pitne in odpadne vode po stavbi, V nadaljevanju navajamo še nekatere druge ukrepe in priporočila za zmanjšanje hrupa in vibracij:

- **uporaba odtočnega sistema z zvočno izolacijo (zvočno izolativen odtok in trislojne cevi, npr. podjetja Poloplast s cevmi POLO iz polipropilena, trislojne odtočne cevi podjetja Instal.si s cevmi za dušenje hrupa ipd.);**
- **enako kot za cevi velja tudi za kolena odcepe, čistilne kose, spojke ipd.;**
- **uporaba cevnih objemk z zvočno izolacijskim vložkom;**
- **vsaka 90° sprememba smeri pretoka naj bo izvedena iz dveh kolen 45° in vmesnim kosom dolžine 250 mm,**
- **zmanjšanjem zvočnih mostov.**

V nadaljevanju podajamo še ukrepe glede sanitarij:

- **stoječe straniščne školjke postaviti na plavajoči estrih in jih tam pritrditi;**
- **viseče sanitarije, npr. viseče straniščne školjke, umivalnike in police, pritrditi tako, da so izolirane pred zvokom v telesu;**
- **treba je posebej pozorno preprečevati stike z nosilno konstrukcijo oziroma jih izvajati z antivibracijiskimi členi!**

5.7 UKREPI IN PRIPOROČILA ZA ZMANJŠANJE HRUPA IN VIBRACIJ V ZVEZI Z OGREVANJEM, V KOLIKOR SO POTREBNI

Eden od glavnih vzrokov za prisotnost zraka v zaprtih sistemih centralnega ogrevanja je nastajanje podtlaka zaradi premajhne dimenzije ekspanzijske posode ali prenizkega tlaka pri polnjenju sistema. Zrak v instalacijo lahko prihaja še na nekaj načinov. Tako pri polnjenju sistema zrak v instalacijo prehaja raztopljen v vodi.

Osnovni ukrep je, da preprečimo v čim večji meri prisotnost zraka v instalacijah. Kot ukrepe lahko uporabimo tudi ukrepe in priporočila iz poglavja 6.5.

5.8 UKREPI IN PRIPOROČILA ZA ZMANJŠANJE HRUPA IN VIBRACIJ V ZVEZI Z DVIGALOM, V KOLIKOR SO POTREBNI

Dvigalo se nahaja v jašku, ki je obdan z AB zidovi. Glavna vira strukturnega hrupa sta tako pogonski mehanizem in pa vrata dvigala. V spodnji preglednici so našteti viri hrupa in vibracij zaradi delovanja dvigal.

Preglednica 34.

Električna dvigala	
Ločena strojnica dvigala	Vožnja v jašku
Slaba izvedba konstrukcije jaška	Slaba izvedba konstrukcije jaška
Napačna montaže vodil	Napačna montaže vodil
Hrup zaradi zapiranja vrat	Hrup zaradi zapiranja vrat
Zavorni mehanizem za zaustavitev dvigala	Zavorni mehanizem za zaustavitev dvigala
Hrup zaradi vožnje	Hrup zaradi vožnje
Nosilna konstrukcija dvigala	Strukturni hrup premosorazmeren hitrosti

V primeru dvigala je treba za zmanjšanje strukturnega zvoka uporabiti naslednje ukrepe:

- **elastične podpore (vibracijski izolatorji) za ustrezno zmanjšanje strukturnega zvoka;**
- **drsna vodila naj bodo nameščena na težko konstrukcijo;**
- **drsna vodila morajo biti uravnana tako, da je zagotovljeno gladko drsenje dvigala;**
- **vrata dvigala se morajo zapirati tako, da ne pride do udarjanja (uporaba ustrezne izolacije ali pa tišjih načinov odpiranja in zapiranja vrat).**

5.9 SKLEPNE UGOTOVITVE

Na podlagi gradbenih proizvodov, ki so vgrajeni v stavbo, značilnosti in poteka strojnih inštalacij in glede na karakteristike uporabljenih materialov v strojnih inštalacijah ocenjujemo, da z uporabo ukrepov in smernic ne pričakujemo obremenitev varovanih in delovnih prostorov v stavbi s hrupom in vibracijami.

6. ZAŠČITA PRED ODMEVNIM HRUPOM

6.1 ANALIZA GRADBENIH MATERIALOV

6.1.1 Prostor 27 Nova učilnica v nadstropju OH1

Prostor tvorijo naslednje vrste obodnih konstrukcij glede na projekt (preglednica 35):

Preglednica 35.

Sestava	Površina m2
Ometana opečna stena na zunanji daljši stranici	25,6
Ometana opečna stena na zunanji krajši stranici	24,3
Ometana opečna stena na notranji daljši stranici	25,6
Ometana opečna stena na notranji krajši stranici	24,3
PUR tlak	60,8
Spuščen strop iz perforiranih MK plošč na podkonstrukciji	60,8
Okna na daljši zunanji stranici	11,7
Okna na krajši notranji stranici	4,8
Lesena vrata v učilnico na daljši notranji stranici	2,8
0,5 m2/osebo, sedečo na lesenem stolu (28 učencev)	14
Šolske klopi 0,25 m^2/klop (28 klopi)	7
Šolska tabla ob krajši notranji stranici	6
Lesene omare ob krajši notranji stranici	3,5

6.1.2 Prostor 06 Jedilnica/01 Avla v pritličju OH2

Prostor tvorijo naslednje vrste obodnih konstrukcij (preglednica 36):

Preglednica 36.

Sestava	Površina m2
Križnolepljena lesena plošča na daljši zunanji stranici – del	28,8
Ometana opečna stena na zunanji krajši stranici – del	57,6
Ometana opečna stena na notranji daljši stranici	86,4
Ometana opečna stena na notranji krajši stranici	86,4
Križnolepljena lesena plošča na krajši zunanji stranici	79,2
PUR tlak	432
Ometan strop – del	110
Spuščen strop iz akustičnih plošč Haradeseign Fine na podkonstrukciji z izolacijo v delu vmesnega prostora – del	322
Steklena vrata na krajši notranji stranici	7,2
0,5 m2/osebo, sedečo na lesenem stolu (60 učencev v restavraciji)	30
Gostinske mize	27,8

6.2 IZBIRA IZRAČUNA

Izbira izračuna odmevnega časa je naslednja (preglednica 37):

Preglednica 37.

Izbira izračuna	
Splošni izračun po SIST EN 12354-6:2004	✓
Izračun po prilogi 5 standarda SIST EN 12354-6:2004	✗

6.2.1 Prostor 27 Nova učilnica v nadstropju OH1

Glede na projekt smo tako upoštevani naslednje osnove za izračuni in podatke za posamezne gradbene izdelke oz. materiale (preglednica 38):

Preglednica 38.

Gradbeni izdelki oz. materiali	Osnova za izračun	Izvor podatkov
Ometana opečna stena na zunanji daljši stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
Ometana opečna stena na zunanji krajši stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
Ometana opečna stena na notranji daljši stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
Ometana opečna stena na notranji krajši stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
PUR tlak	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
Spuščen strop iz perforiranih MK plošč na podkonstrukciji	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
Okna na daljši zunanji stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
Okna na krajši notranji stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
Lesena vrata v učilnico na daljši notranji stranici	SIST EN 12354-6: 2004	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
0,5 m2/osebo, sedečo na lesenem stolu (28 učencev)	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
Šolske klopi 0,25 m^2/klop (28 klopi)	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
Šolska tabla ob krajši notranji stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).
Lesene omare ob krajši notranji stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 45 (glej opombe pod preglednico).

6.2.2 Prostor 06 Jedilnica/01 Avla v pritličju OH2

Glede na projekt smo tako upoštevani naslednje osnove za izračuni in podatke za

posamezne gradbene izdelke oz. materiale (preglednica 39):

Preglednica 39.

Gradbeni izdelki oz. materiali	Osnova za izračun	Izvor podatkov
Križnolepljena lesena plošča na daljši zunanji stranici – del	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 47 (glej opombe).
Ometana opečna stena zunanji krajši stranici – del	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 47 (glej opombe).
Ometana opečna stena notranji daljši stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 47 (glej opombe).
Ometana opečna stena zunanji krajši notranji stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 47 (glej opombe).
Križnolepljena lesena plošča na krajši zunanji stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 47 (glej opombe).
PUR tlak	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 47 (glej opombe).
Ometan strop – del	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 47 (glej opombe).
Spuščen strop iz akustičnih plošč Haradeseign Fine na podkonstrukciji z izolacijo v delu vmesnega prostora – del	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 47 (glej opombe).
Steklena vrata na krajši notranji stranici	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 47 (glej opombe).
0,5 m2/osebo, sedečo na lesenem stolu (60 učencev v restavraciji)	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 47 (glej opombe).
Gostinske mize	SIST EN 12354-6: 2004 DIN 18041:2016 in podatki	Podatki iz preglednice 47 (glej opombe).

6.3 MEJNE VREDNOSTI ODMEVNEGA ČASA

6.3.1 Optimalna (idealna) mejna vrednost za prostore A_3 po DIN 18041:2016

Posebne mejne vrednosti odmevnega časa v zakonodaji niso predpisane niso predpisane. Zato opredelimo optimalne (idealne) mejne vrednosti odmevnega časa $T_{60,opt}$. Izračun izvedemo na podlagi standarda DIN 18041:2016 z uporabo naslednje enačbe za prostore A_3 (preglednica 40):

$$T_{60,opt,A3} = 0{,}32\, lg\, V - 0{,}17 \qquad 30\ m^3 \leq V < 5.000\ m^3 \qquad \text{(en.15)}$$

kjer je:

V – volumen prostora

Preglednica 40.

Prostor	Volumen m^3	$T_{60,opt,A3}$ s
OH1	194,56	0,56

V prostoru poteka govor učiteljev in otrok. Zato so za razumljivost govora važni nižji odmevni časi v višjem frekvenčnem spektru, kot pa to velja za nižje frekvence, ki dajejo občutek polnosti. Iz tega izpeljemo idealni odmevni čas $T_{60,opt,A3}$ po frekvencah (preglednica 41):

Preglednica 41.

Prostor	$T_{60,opt}$ s	Idealno območje odmevnega časa s					
		125	250	500	1000	2000	4000
OH1	0,55	0,59	0,49	0,49	0,49	0,49	0,39

Po standardu DIN 18041:2016 velja določeno tolerančno območje odmevnega časa v odvisnosti od frekvence, ki se pri večini frekvenc oktavnega pasu giblje v razponu ±20% (preglednica 42).

Preglednica 42.

Prostor	$T_{60,opt}$ s	Idealno območje odmevnega časa s					
		125	250	500	1000	2000	4000
OH1	Zgornja meja	20 %	20%	20%	20 %	20%	20 %
		0,71	0,59	0,59	0,59	0,59	0,47
	Spodnja meja	35 %	20%	20%	20%	20%	35 %
		0,38	0,39	0,39	0,39	0,39	0,25
	Idealni potek	0,59	0,49	0,49	0,49	0,49	0,39
		0,72	0,60	0,60	0,60	0,60	0,42
	Spodnja meja	35 %	20%	20%	20%	20%	35 %
		0,39	0,40	0,40	0,40	0,40	0,26
	Idealni potek	0,60	0,50	0,50	0,50	0,50	0,40

6.3.2 Optimalna (idealna) mejna vrednost za prostore B_5 po DIN 18041:2016

Posebne mejne vrednosti odmevnega časa v zakonodaji niso predpisane niso predpisane. Zato opredelimo optimalne (idealne) mejne vrednosti odmevnega časa $T_{60,opt}$. Izračun izvedemo na podlagi standarda DIN 18041:2016 z uporabo naslednje enačbe za prostore B_5 (preglednica 43):

$$A/V = \left[1{,}47 + 4{,}69 lg\left(h/1\ m\right)\right]^{-1} \quad \text{(en.16)}$$

kjer je:

V – volumen prostora;
A – skupna ekvivalentna zvočno absorpcijska površina v zaprtem prostoru:
h – višina prostora.

Z uporabo enačbe (en. 21) lahko izračunamo optimalni odmevni čas na naslednji način:

$$T_{60,opt,B5} = 0{,}163 \times \left[1{,}47 + 4{,}69 lg\left(h/1\ m\right)\right] \quad \text{(en.17)}$$

kjer je:

h – višina prostora.

Preglednica 43.

Prostor	$T_{60,opt,B5}$ s
OH2	0,62

Idealni odmevni čas $T_{60,opt,A3}$ po frekvencah (preglednica 44):

Preglednica 44.

Prostor	$T_{60,opt}$ s	Idealno območje odmevnega časa s					
		125	250	500	1000	2000	4000
OH2	0,62	0,64	0,53	0,43	0,45	0,40	0,39

Ugotavljamo, da so rezultati iz gornje preglednice ustrezni znotraj ±20%.

6.4 OSNOVNE ENAČBE

Če v prostoru iznenada izključimo hrupni vir, akustični odboji še naprej potujejo po prostoru, vendar se njihova energija postopoma zmanjšuje pri vsakem odboju. Bolj ko je prostor odmeven, počasneje ta energija upada. Kot merilo za to upadanje se uporablja odmevni čas T_{60} to je čas, v katerem raven zvočnega tlaka pade za 60 dB. Po SIST EN 12354-6:2004 izračunamo odmevni čas T_{60} na naslednji način:

$$T_{60} = \frac{55{,}3V(1-\psi)}{c_0 A} \qquad \text{(en.18)}$$

kjer je:

c_o – hitrost zvoka v zraku;
ψ – prostorninski delež predmetov;
V – prostornina praznega zaprtega prostora;
A – skupna ekvivalentna zvočno absorpcijska površina v zaprtem prostoru:

$$A = \sum_{i=1}^{n} \alpha_{s,i} + \sum_{j=1}^{o} A_{obj,j} + \sum_{k=1}^{p} \alpha_{s,k} S_k + A_{zrak} \qquad \text{(en.19)}$$

n,o,p – število površin i, predmerov j in porazdelitve predmetov k;
$\alpha_{s,i}$ – koeficienta absorpcije površine i:
$\alpha_{s,k}$ – koeficienta absorpcije razporeditve predmetov k;
S_i – velikosti površine i:
S_k – velikosti površine, prekrite z razporeditvijo predmetov k:
V – prostornina praznega zaprtega prostora;
$A_{obj,j}$ – ekvivalentne absorpcijske površine predmeta j;
$A_{obj,j}$ – ekvivalentna absorpcijska površina za absorpcijo v zraku;
Ψ – prostorninski delež predmetov;
c_o – konstanta.

Zgornjo enačbo prepišemo v naslednjo obliko:

$$T_{60} = \frac{0{,}163V}{S\overline{\alpha}} \qquad \alpha < 0{,}2 \text{ s} \qquad \text{(en.20)}$$

kjer je:

α – srednji koeficient absorcpije zvoka;
S – vsota vseh površin znotraj prostora.

V primeru koeficienta a>0,2 pa uporabimo naslednjo enačbo:

$$T_{60} = \frac{0{,}163V}{-S(1-ln\,\overline{\alpha})} \qquad \alpha > 0{,}2 \text{ s} \qquad \text{(en.21)}$$

6.5 IZRAČUN ODMEVNEGA HRUPA

6.5.1 Prostor 27 Nova učilnica v nadstropju OH1

Izračun odmevnega hrupa izhaja iz naslednjih podatkov (preglednica 45):

Preglednica 45.

Gradbeni izdelki oz. materiali	Absorpcijski koeficienti# α					
	125	250	500	1000	2000	4000
Gladko ometana opečna stena na zunanji daljši stranici*	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Gladko ometana opečna stena na zunanji krajši stranici*	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Gladko ometana opečna stena na notranji daljši stranici*	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Gladko ometana opečna stena na notranji krajši stranici*	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
PUR tlak**	0,20	0,40	0,65	0,55	0,70	0,70
Spuščen strop iz perforiranih MK plošč na podkonstrukciji****	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06
Okna na daljši zunanji stranici*	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
Okna na krajši notranji stranici*	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
Lesena vrata v učilnico na daljši notranji stranici*	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
0,5 m^2/osebo, sedečo na lesenem stolu (28 učencev)***	0,12	0,20	0,39	0,49	0,48	0,40
Šolske klopi 2 m^2/klop (28 klopi)*****	0,15	0,19	0,22	0,39	0,38	0,30
Šolska tabla*****	0,15	0,19	0,22	0,39	0,38	0,30
Lesene omare ob krajši notranji stranici*****	0,15	0,19	0,22	0,39	0,38	0,30

#Absorpcijski koeficienti se lahko za isti material med seboj razlikujejo, ker je velikokrat navedena le splošna oznaka (npr. okna, vrata (lesena)). Razlike v absorpcijskih koeficientih so posledica različnih gradbenih izdelkov, ki so jih testirali. Ker večinoma podatkov o testiranjih ni, v veliko primerih zato uporabljamo splošne koeficiente (povprečje). Izračun odmevnega hrupa je torej lahko le informativen, dokler niso znani točno določeni gradbeni materiali oz. izdelki, ki se bodo vgradili v stavbo, pa še potem se lahko splošni podatki med seboj razlikujejo (npr. ometan zid). Zato je treba izdelati elaborat akustike, ki pa po naši zakonodaji ni predpisan in torej ni del tega elaborata.

*SIST EN 12354-6:2004

**https://www.acoustic.ua/st/web_absorption_data_eng.pdf

***DIN 18041:2016

****podatki podjretja Knauf

*****Egan in Everest (https://asa.scitation.org/doi/pdf/10.1121/1.4772593)

Izračunana vrednost odmevnega hrupa v primeru prazne in akustično neurejene učilnice je podana v preglednici 46.

Preglednica 46.

Element	T_{60} s					
	125	250	500	1000	2000	4000
OH1	0,91	1,66	1,65	1,57	1,53	1,28

6.5.2 Prostor 06 Jedilnica/01 Avla v pritličju OH2

Izračun odmevnega hrupa izhaja iz naslednjih podatkov (preglednica 47):

Preglednica 47.

Gradbeni izdelki oz. materiali	Absorpcijski koeficienti[#] α					
	125	250	500	1000	2000	4000
Križnolepljena lesena plošča na daljši zunanji stranici – del*	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Gladko ometana opečna stena na zunanji daljši zunanji stranici – del**	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Gladko metana opečna stena na zunanji krajši stranici**	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Gladko metana opečna stena na notranji krajši stranici**	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03
Križnolepljena lesena plošča na krajši zunanji stranici*	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
PUR tlak**	0,20	0,40	0,65	0,55	0,70	0,70
Ometan strop – del***	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06
Spuščen strop iz akustičnih plošč Haradeseign Fine na podkonstrukciji z izolacijo v delu vmesnega prostora – del****	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,85
Steklena vrata na krajši notranji stranici	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
0,5 m2/osebo, sedečo na lesenem stolu (60 učencev v restavraciji)*****	0,12	0,20	0,39	0,49	0,48	0,40
Gostinske mize *****	0,15	0,19	0,22	0,39	0,38	0,30

[#]Absorpcijski koeficienti se lahko za isti material med seboj razlikujejo, ker je velikokrat navedena le splošna oznaka (npr. okna, vrata (lesena)). Razlike v absorpcijskih koeficientih so posledica različnih gradbenih izdelkov, ki so jih testirali. Ker večinoma podatkov o testiranjih ni, v veliko primerih zato uporabljamo splošne koeficiente (povprečje). Izračun odmevnega hrupa je torej lahko le informativen, dokler niso znani točno določeni gradbeni materiali oz. izdelki, ki se bodo vgradili v stavbo, pa še potem se lahko splošni podatki med seboj razlikujejo (npr. ometan zid). Zato je treba izdelati elaborat akustike, ki pa po naši zakonodaji ni predpisan in torej ni del tega elaborata.

*https://www.acoustic.ua/st/web_absorption_data_eng.pdf

**SIST EN 12354-6:2004

***DIN 18041:2016

****podatki podjetja Knauf

*****Egan in Everest (https://asa.scitation.org/doi/pdf/10.1121/1.4772593)

Izračunana vrednost odmevnega hrupa v primeru prazne in akustično neurejene učilnice je podana v preglednici 48.

Preglednica 48.

Element	T_{60} s					
	125	250	500	1000	2000	4000
OH1	0,64	0,53	0,43	0,45	0,40	0,39

6.1 SKLEPNE UGOTOVITVE IN NAVEDBA UKREPOV, V KOLIKOR SO POTREBNI

Ugotoviti je torej, da je odmevni čas ustrezen, vendar pa le v kolikor se bodo izvajali naslednji ukrepi:

- **V primeru OH1 se vgradi spuščen strop D127 Strop Cleaneo Akustik, okrogla perforacija 10/23 R, delež površine s perforacijo: 15,5 %, globina konstrukcije 200 mm, s standardno tkanino proizvajalca Knauf ali drugega proizvajalca s približno enakimi absorpcijskimi koeficienti (glej preglednico 45).**

7. NAVODILA PROJEKTANTOM IN IZVAJALCEM

7.1 PREBOJI SKOZI PREDELNE STENE

V primeru prebojev skozi predelne stene je treba poskrbeti, da so preboji, ki nastanejo zaradi cevi oz. kanalov (cevi strojnih inštalacij, prezračevalni kanali ipd.) čim manjši, vmesni prostor med cevjo oz. kanalom (vmesni prostor) pa mora biti zapolnjen zrakotesno s trajno elastičnim materialom (npr. silikonski kit). V nasprotnem primeru lahko pride zaradi nepravilne in nezadostne izvedbe do poslabšanja izolativnosti predelnih sten ali pa celo do izničenja izolativnostnega učinka.

7.2 LUKNJANJE PREDELNIH STEN

Luknjanje predelnih sten pomeni poslabšanje zvočne izolativnosti. Do tega lahko pride npr. zaradi vstavljanja električnih doz in omaric ali pa stalno vgrajenih elementi požarne zaščite. Luknjanj mora biti čim manj, posebej pa je treba paziti, da niso na istih mestih na obeh straneh stene. Električne doze in drugi elementi morajo biti razporejeni tako, da so od osi izvrtine na drugi strani stene odmaknjeni vsaj 20 cm.

7.3 PREPREČITEV PRENOSA ZVOKA SKOZI ODPRTINE

Razne odprtine, špranje in podobno, ki nastanejo pri vgradnji instalacij (električnih, vodovodnih, prezračevalnih) v montažne stene ali nenatančno izvedeni stiki med elementi pregradne stene, znatno znižajo zvočno izolirnost pregradne stene. Dosežena zvočna izolirnost R'w na objektu, ki vključuje tudi oslabitve, pa je znatno nižja od zvočne izolirnosti Rw (laboratorijska meritev). Vse oslabitve, manjše odprtine (velikosti nekaj milimetrov) je potrebno zatesniti s kitom. Večje odprtine, ki nastanejo pri prehodu instalacij skozi steno, pa moramo zapolniti z vrečkami, napolnjenimi z drobnim peskom.

7.4 PREPREČEVANJE STIKA MED ESTRIHOM IN PREDELNIMI STENAMI

Preprečiti je treba stik talnega estriha in predelnih sten. Posledica je nevzdržno poslabšanje zvočne izolirnosti, ker se skozi estrih prenašajo vibracije, ki nastajajo pri hoji. Zato je treba med estrih in predelno steno vložiti elastični trak.

7.5 PREPREČEVANJE STIKA MED ESTRIHI SOSEDNJIH PROSTOROV POD VRATI

Da se prepreči prehod zvoka skozi estrih v sosednje prostore ga je potrebno ločiti tudi v vratni odprtini. To se naredi s pokonci postavljenim stirodurjem debeline 2 cm, ki se ga postavi natančno pod krilo bodočih vrat tako, da je 1 cm pod višino bodočega tlaka. Izvajalec bo tako brez težav delal strojne tlake po vseh prostorih hkrati. Po nekaj dneh bo tlak nad stirodurjem počil. To razpoko se razširi s kladivom po vsej širini (2 cm) in globini (1 cm), ter počisti. S tem se doseže, da je vsak prostor zvočno ločen.

7.6 PREPREČEVANJE PREHODA ZVOKA IZ ENEGA PROSTORA V DRUGEGA PREK ESTRIHA

Najpogostejše napake, ki se jih dela pri postavitvi predelnih sten, je zanemarjanje dejstva, da se hrup širi v sosednje prostore prav preko estriha. Najlažje je namreč najprej postaviti tlak in potem nanj postaviti na estrih plavajočega podan lahke predelne stene. Kar je seveda neodgovorno dejanje izvajalcev gradbenih del. Na tak način se prenese skozi predelno steno med prostori dodatnih 20-30 dB, kar povzroči nevzdržne razmere.

Pred postavitvijo predelnih sten mora izvajalec pregledati tlak. V kolikor ugotovi, da je tlak enovit za celotno površino (glede na prostor v stavbi, kjer se bodo postavljale predelne stene), mora narediti naslednje:

- za širino predelne stene je treba izrezati trakove finalne talne obloge in estriha skupaj z izolacijo do osnovne AB plošče na mestu, kjer bodo stale stene ali
- pa odstranitev vseh plasti do nosilne konstrukcije, antivibracijsko zaščito s trajno elastičnim trakom in izdelavo ločenih talnih preklad na mestih, kjer bodo stale lahke predelne stene.

7.7 PREPREČEVANJE PREHODA ZUNANJEGA HRUPA V STAVBO SKOZI KONSTRUKCIJO

7.7.1 Prehod zvoka preko pripir med okvirjem in krilom okna

Prehod zvoka preko netesnjenih pripir med okenskim krilom in okvirjem lahko bistveno zniža skupno zvočno izolirnost okna. Že za doseganje zvočne izolirnosti okna vsaj 30 dB morajo biti pripire tesnjene najmanj z enim trajnoelastičnim tesnilom v eni ravnini po celotni dolžini pripir. Pri tem je pomembno poudariti, da je pri uporabi enega tesnila v eni ravnini pri vezanih in škatlastih oknih potrebno tesnilo namestiti na zunanjo pripiro. Za doseganje zvočne izolirnosti okna preko 35 dB je potrebno na pripire namestiti najmanj dve tesnili v dveh ravninah po celotni dolžini pripir.

7.7.2 Prehod zvoka preko pripir med okvirjem in gradbeni konstrukcijo

Nič manj pomembno kot je tesnjenje okenski pripir ni tudi ustrezno tesnjenje priključka med okenskim okvirjem in gradbeno konstrukcijo. Stik med okenskim okvirjem in gradbeno konstrukcijo mora biti izveden na tak način, da ne vpliva na zvočno izolirnost okna.

8. VIRI IN LITERATURA

- Projektna dokumentacija;
- Podatki proizvajalcev gradbenih elementov.
- Osama A.B.H.: Building Acoustics and Vibration, Word Scientific Publishing, Singapur 2009;
- Vigran T.E.: Building Acoustics, Taylor & Francis, Oxon 2008;
- Long M.: Architectural Acoustics, Elsevier Academic Press, San Diego 2006;
- Kutroff H.: Room Acoustics, Spon Press, London 2000;
- Raichel D.R.: The Science and Applications of Acoustics, Springer, New York 2006;
- Sabine P.E.: Acoustics and Architecture, McGraw Hill Book Company, New York 1932;
- Everest F.A: The Master Handbook of Acoustics, McGraw Hil, New York 2001;
- Bies D.A. et Hansen C.H.: Engineering Noise Control; Spon Press, London 2009;
- Mechel E.P.: Formulas of Acoustics, Springer, Berlon 2009;
- Jacopsen F. et all: Fundamentals of Acoustics and Noise Control, DEE TUD, 2011;

ELABORAT ZAŠČITE PRED HRUPOM V STAVBAH IZDELAL:

Aleš KRAŠNA, univ. dipl. biol.

LOZEJ d.o.o.
AJDOVŠČINA

Ajdovščina, 11. 10. 2024