ZAŠČITA PRED HRUPOM V STAVBAH

MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

Tehnična smernica

TSG-1-005:2012

ZAŠČTA PRED HRUPOM V STAVBAH

izdaja

1

MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

Tehnična smernica

TSG-1-005:2012

ZAŠČITA PRED HRUPOM V STAVBAH

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

TEHNIČNA SMERNICA TSG-1-005:2012

Minister za okolje in prostor na podlagi prvega odstavka 11. člena Zakona o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05-popr., 92/05-ZJC-B, 93/05-ZVMS, 111/05 – odl. US, 126/07 in 108/09, 61/10 – ZRud-1, 67/10 – ZRud-1A in 20/11 – odl. US) izdaja tehnično smernico

ZAŠČITA PRED HRUPOM V STAVBAH

Minister za okolje in prostor

dr. ROKO ŽARNIĆ

Številka: **35101-453/2011**
V Ljubljani, dne 25. 1. 2012

K tej tehnični smernici je pridobljeno soglasje ministra za gospodarstvo, številka 007-304/2011 z dne 29. 7. 2011.

Ta tehnična smernica je vključena v seznam tehničnih smernic Ministrstva za okolje in prostor, ki je bil objavljen v Uradnem listu Republike Slovenije.

Ta tehnična smernica je bila izdana ob upoštevanju postopka informiranja v skladu z Direktivo 98/34/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. junija 1998 o določitvi postopka za zbiranje informacij na področju tehničnih standardov in tehničnih predpisov (UL L št. 204 z dne 21. 7. 1998, str. 37), nazadnje spremenjeno z Direktivo Sveta 2006/96/ES z dne 20. novembra 2006 o prilagoditvi nekaterih direktiv na področju prostega pretoka blaga zaradi pristopa Bolgarije in Romunije (UL L št. 363 z dne 20. 12. 2006, str. 81).

Oblikovanje in prelom: **IDFL d.o.o.**

KAZALO

0	**UVOD**	**5**
0.1	POMEN IN VLOGA TEHNIČNE SMERNICE ZAŠČITA PRED HRUPOM V STAVBAH	5
0.1.1	Zakonska podlaga za izdajo tehnične smernice	5
0.1.2	Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah – pravni okvir delovanja smernice	5
0.1.3	Pravne posledice (ne)uporabe tehnične smernice	6
0.2	REFERENČNI DOKUMENTI	7
0.2.1	Predpisi	7
0.2.2	Standardi	7
0.2.3	Smernice in drugi dokumenti	8
0.3	POMEN IZRAZOV	8
1	**MEJNE RAVNI ZUNANJEGA IN NOTRANJEGA HRUPA TER IZOLIRNOST**	**10**
1.1	POSEBNE ZAHTEVE ZA ZVOČNE LASTNOSTI OKEN IN VRAT	10
1.2	MEJNE VREDNOSTI IZOLIRNOSTI IN MAKSIMALNE RAVNI ZVOČNEGA TLAKA UDARNEGA HRUPA NOTRANJIH LOČILNIH ELEMENTOV	10
2	**ZAŠČITA STAVB PRED ZUNANJIM HRUPOM**	**15**
2.1	IZRAČUN ZVOČNE IZOLIRNOSTI ZUNANJE LOČILNE KONSTRUKCIJE	15
2.2	ZVOČNA IZOLIRNOST ZUNANJIH LOČILNIH ELEMENTOV	15
2.2.1	Fasadne stene	16
2.2.2	Okna	16
2.2.2.1	Prehod zvoka prek pripir med okvirjem in krilom okna	16
2.2.2.2	Prehod zvoka prek stika med okenskim okvirjem in gradbeno konstrukcijo	16
2.2.3	Roletne omarice	17
2.2.4	Prezračevalniki	17
3	**IZOLACIJA NOTRANJIH LOČILNIH KONSTRUKCIJ PRED HRUPOM V ZRAKU**	**18**
3.1	IZRAČUN IZOLIRNOSTI NOTRANJIH LOČILNIH ELEMENTOV PRED HRUPOM V ZRAKU	18
3.2	ZNAČILNI PRIMERI LOČILNIH STEN	20
3.3	ZNAČILNI PRIMERI MEDETAŽNIH (PODNIH) KONSTRUKCIJ	20
4	**IZOLACIJA KONSTRUKCIJ PRED UDARNIM HRUPOM**	**21**
5	**IZOLACIJA PRED HRUPOM OBRATOVALNE OPREME**	**22**
5.1	ZMANJŠANJE HRUPA OBRATOVALNE OPREME, KI SE PRENAŠA PO KONSTRUKCIJI	22
5.2	VRSTE IN PREDNOSTNI VRSTNI RED PROTIHRUPNIH UKREPOV	23
5.3	ZNIŽANJE RAVNI HRUPA PRI VIRU-PRIMARNI UKREPI	23
5.4	UKREPI ZA ZNIŽANJE RAVNI HRUPA NA POTI RAZŠIRJANJA - SEKUNDARNI UKREPI	24
5.4.1	Uporaba protihrupnih kabin	24
6	**OBVLADOVANJE ODMEVNEGA HRUPA**	**25**
6.1	OCENJEVANJE ODMEVNEGA ČASA IN NJEGOVEGA VPLIVA NA HRUP	25
7	**PROSTORSKA AKUSTIKA**	**27**
7.1	TEMELJNE ZAHTEVE ZA DOBRO RAZUMLJIVOST GOVORA	27
7.2	VPLIV ODBOJEV ZVOKA OD MEJNIH POVRŠIN PROSTORA NA RAZUMLJIVOST GOVORA	27
7.3	ODMEVNI ČAS	28
7.3.1	Učilnice in predavalnice	28
7.3.2	Izobraževalni večnamenski prostori in avle	29
7.3.3	Telovadnice, športne dvorane in dvoranska kopališča	29
8	**MERITVE ZVOČNE IZOLACIJE LOČILNIH KONSTRUKCIJ IN RAVNI HRUPA V PROSTORIH STAVB**	**30**
8.1	LOKACIJE IN ŠTEVILO MERITEV ZVOČNE IZOLACIJE	30
8.2	NAČINI IZVAJANJA MERITEV ZVOČNE IZOLACIJE IN DOLOČITEV OVREDNOTENIH VREDNOSTI ZVOČNE IZOLACIJE	30
8.3	DODATNE ZAHTEVE, KI MORAJO BITI IZPOLNJENE PRI MERITVAH ZVOČNE IZOLACIJE	30
8.4	OCENJEVANJE UGOTOVLJENE ZVOČNE IZOLIRNOSTI	31
8.5	MERJENJE HRUPA V STAVBI	31
8.5.1	Merjenje hrupa obratovalne opreme in hrupa iz prostorov druge namembnosti	31

8.5.2 Merjenje hrupa, ki ga povzročajo viri zunaj stavbe 31
8.6 POROČILO O IZVEDENIH MERITVAH ZVOČNE IZOLACIJE IN RAVNI HRUPA 32

9 IZKAZ O ZAŠČITI PRED HRUPOM 33

0 UVOD

0.1 POMEN IN VLOGA TEHNIČNE SMERNICE ZAŠČITA PRED HRUPOM V STAVBAH

0.1.1 Zakonska podlaga za izdajo tehnične smernice

To tehnično smernico je izdal minister za okolje in prostor v soglasju z ministrom za gospodarstvo na podlagi prvega odstavka 11. člena Zakona o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 93/05 – ZVMS, 111/05 – odl. US, 126/07, 108/09, 61/10 – ZRud-1, 67/10 – ZRud-1A in 20/11 – odl. US, v nadaljnjem besedilu ZGO-1).

V Zakonu o graditvi objektov je tehnična smernica (točka 3.2 prvega odstavka 2. člena) opredeljena kot "dokument, s katerim se za določeno vrsto objekta uredi natančnejša opredelitev bistvenih zahtev, pogoji za projektiranje, izbrane ravni oziroma razredi gradbenih proizvodov oziroma materialov, ki se smejo vgrajevati ter načini njihove vgradnje in način izvajanja gradnje z namenom, da se zagotovi zanesljivost objekta ves čas njegove življenjske dobe, kadar je to primerno, pa tudi postopke, po katerih je mogoče ugotoviti, ali so takšne zahteve izpolnjene".

Pravna narava in uporabnost tehničnih smernic je podrobneje obravnavana v 9. členu zakona, kjer je določeno, da se z gradbenimi predpisi (to je vrsta izvršilnih predpisov, izdanih na podlagi zakona) za posamezne vrste objektov določijo njihove tehnične značilnosti tako, da ti objekti glede na svoj namen izpolnjujejo eno, več ali vse naslednje bistvene zahteve:
- mehanska odpornost in stabilnost,
- varnost pred požarom,
- higienska in zdravstvena zaščita in zaščita okolice,
- varnost pri uporabi,
- zaščita pred hrupom, in
- varčevanje z energijo in ohranjanje toplote.

V navedeni zakonski določbi je nadalje določeno, da se gradbeni predpisi lahko sklicujejo na standarde ali tehnične smernice, ki se nanašajo na določeno vrsto objekta in določajo njihovo obvezno uporabo ali določajo, da velja domneva, da je posamezni del skladen z zahtevami gradbenega predpisa, če ustreza zahtevam standardov ali tehničnih smernic. Če je v gradbenih predpisih določena domneva o skladnosti, morajo gradbeni predpisi opredeliti tudi pristojne organe za odločanje in postopek, v katerem se dokaže, da projekt, v katerem niso bili uporabljeni standardi ali tehnične smernice, temveč je projektant pri svojem delu uporabil rešitve iz zadnjega stanja gradbene tehnike, zagotavlja vsaj enako stopnjo varnosti kakor projekt, pripravljen z uporabo standardov ali tehničnih smernic.

Zadnje stanje gradbene tehnike (točka 3.1 prvega odstavka 2. člena zakona) je stanje, ki v danem trenutku, ko se izdeluje projektna dokumentacija ali izvaja gradnja, predstavlja doseženo stopnjo razvoja tehnične zmogljivosti gradbenih proizvodov, procesov in storitev, ki temeljijo na priznanih izsledkih znanosti, tehnike in izkušenj s področja graditve objektov, ob hkratnem upoštevanju razumnih stroškov.

0.1.2 Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah – pravni okvir delovanja smernice

Gradbeni predpis, ki za stavbe podrobneje opredeljuje bistveno zahtevo "zaščita pred hrupom" je Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah. V tem pravilniku so določene zahteve za zaščito stavb in njihovih prostorov ter delov pred:
- zunanjim hrupom (npr. hrupom zaradi prometa, hrupom iz industrijskih objektov),
- hrupom, ki po zraku prihaja iz drugih prostorov,
- udarnim hrupom, ki se iz drugih prostorov prenaša prek konstrukcije,
- hrupom obratovalne opreme in
- odmevnim hrupom.

V delu pravilnika, ki določa način izpolnjevanja predpisanih zahtev, so za uporabo te tehnične smernice najpomembnejše naslednje določbe:

7. člen
(uporaba tehničnih smernic)

(1) Minister, pristojen za gradbene zadeve, izda tehnično smernico za graditev TSG-1-005 Zaščita pred hrupom v stavbah, ki določa priporočene gradbene ukrepe ali rešitve za dosego zahtev tega pravilnika.

(2) Če so pri projektiranju in izvedbi zaščite pred hrupom v celoti uporabljeni ukrepi, navedeni v tehnični smernici ali dokumentih, na katere se ta sklicuje, velja domneva o skladnosti z zahtevami tega pravilnika.

8. člen
(uporaba drugih ukrepov)

(1) Pri projektiranju in izvedbi zaščite pred hrupom se smejo namesto ukrepov, navedenih v tehnični smernici, uporabiti rešitve iz zadnjega stanja gradbene tehnike, ki zagotavlja vsaj enako stopnjo zaščite kakor projekt, pripravljen z uporabo tehnične smernice.

(2) Ukrepi iz prejšnjega odstavka pomenijo uporabo zadnjega stanja gradbene tehnike v skladu z ZGO-1. Izpolnjenost zahtev po tem pravilniku se v takem primeru zagotovi v skladu z 11. členom tega pravilnika.

(3) Ne glede na prvi odstavek tega člena je treba v vseh primerih dejanja iz 9. in 12. člena tega pravilnika izvesti izključno na način iz tehnične smernice

V delu pravilnika, ki določa vsebino projektne dokumentacije, so najpomembnejše naslednje določbe:

9. člen
(navedba podlage za projektiranje in obvezni deli projekta)

(1) Odgovorni vodja projekta mora v vodilni mapi, v splošnih podatkih o objektu (v obrazcu 0.4, v točki »Druge klasifikacije«) navesti, ali je projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja izdelan na podlagi tehnične smernice ali na podlagi 8. člena tega pravilnika.

(2) Obvezni sestavni del projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja je elaborat zaščite pred hrupom v stavbah, ki mora vsebovati podatke in izračune iz 10. člena tega pravilnika.

(3) bvezni sestavni del projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja je tudi izkaz zaščite pred hrupom v stavbah iz tehnične smernice. Izpolnjen mora biti na način iz četrtega odstavka 10. člena tega pravilnika z izpolnjenim delom »Projektne vrednosti in načrtovani ukrepi (izračunane vrednosti)«.

11. člen
(obveznost revizije)

(1) Revizija projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja je, poleg primerov, navedenih v ZGO-1, obvezna tudi takrat, kadar projektant manj zahtevno stavbo projektira v skladu z 8. členom tega pravilnika in se revizija opravi po postopku in z udeleženci, določenimi v ZGO-1.

(2) Predmet revizije manj zahtevne stavbe iz prejšnjega odstavka je izključno pregled elaborata zaščite pred hrupom v stavbah in kontrola brezhibnosti tistih sestavin arhitekturnega načrta in načrta strojnih inštalacij v projektu za pridobitev gradbenega dovoljenja, s katerimi se dokazuje, da predloženi projekt izpolnjuje zahteve iz tega pravilnika na najmanj enakovredni ravni, kakor če bi bila uporabljena tehnična smernica in v njej navedeni dokumenti.

(3) V povzetek revizijskega poročila skladno s predpisom, ki ureja projektno dokumentacijo, odgovorni revident vnese le tiste podatke, ki so bistveni za obseg revizije iz prejšnjega odstavka. S podpisom revizijskega poročila potrdi le to, da iz njegove revizije izhaja, da projekt izpolnjuje zahteve tega pravilnika.

Glede obveznih sestavin elaborata gradbene fizike za področje zaščite pred hrupom je treba upoštevati tudi določbe Pravilnika o projektni dokumentaciji (Uradni list RS, št. 55/08) in določbe 10. člena pravilnika:

10. člen
(elaborat in izkaz zaščite pred hrupom v stavbah)

(1) Elaborat zaščite pred hrupom v stavbah mora vsebovati:
- navedbo, ali je elaborat izdelan na podlagi tehnične smernice ali na podlagi 8. člena tega pravilnika;
- opis rabe stavbe v skladu s predpisom o enotni klasifikaciji vrst objektov,
- podatke o ocenjeni ali dejanski ravni zunanjega hrupa in
- navedbo projektnih vrednosti zvočne izolacije ali ravni hrupa v stavbi.

(2) Za vsak sklop zunanjih in notranjih ločilnih elementov se opravi izračun, pri čemer se izbere tiste značilne prostore in konstrukcije, kjer je pričakovati največji prenos zvoka . V izračunu morajo biti upoštevani tudi vsi morebitni preboji in druge zvočne oslabitve.

(3) Elaborat mora vsebovati izračune, s katerimi se dokaže ustreznost zaščite pred hrupom iz 4. člena tega pravilnika.

(4) V obrazec Izkaz zaščite pred hrupom v stavbah mora biti vnesen povzetek iz elaborata zaščite pred hrupom v stavbah. Izpolnjeni obrazec mora biti v času gradnje dosegljiv na gradbišču za potrebe gradbenega in inšpekcijskega nadzora.

(5) Izkaz zaščite pred hrupom v stavbah, dopolnjen s podatki iz drugega odstavka 12. člena tega pravilnika, je obvezna priloga dokazila o zanesljivosti objekta, kakor je ta določen v ZGO-1.

0.1.3
Pravne posledice (ne)uporabe tehnične smernice

a) Uporaba tehnične smernice - domneva o skladnosti
Kakor je razvidno iz prejšnjih točk tega uvoda, so v tej tehnični smernici zapisani gradbeni ukrepi ali rešitve le priporočeni način za izpolnitev v pravilniku predpisanih zahtev o zaščiti pred hrupom v stavbah. Upoštevanje priporočenih gradbenih ukrepov je podlaga za domnevo o izpolnjenosti zahtev pravilnika.

Dokazno breme o neizpolnjenosti zahtev iz pravilnika je v primeru uporabe te tehnične smernice na strani pristojnih državnih organov ali z zakonodajo določenih udeležencev pri graditvi, katerih vloga je nadzor nad pravilnostjo projektiranja. Kadar je projektiranje sledilo gradbenim ukrepom iz te tehnične smernice, med gradnjo in pri pridobitvi potrebnih upravnih odločb, ni

treba dokazovati skladnosti z ustreznimi predpisi, ker se ta samodejno domneva na podlagi določb pravilnika.

b) Projektiranje po zadnjem stanju gradbene tehnike
Če se odgovorni projektant v skladu s pravilnikom odloči za uporabo (delno ali v celoti) gradbenih ukrepov iz zadnjega stanja gradbene tehnike, opredeljenega v 8. členu pravilnika, je treba zagotovljenost najmanj enake stopnje zaščite pred hrupom tudi pri manj zahtevnih stavbah izkazati z obvezno revizijo projektne dokumentacije, kar predstavlja predpisani način dokazovanja odgovornega projektanta, da je izpolnil predpisano zahtevo.

c) Rekonstrukcija in vzdrževanje obstoječih stavb
V drugem odstavku 1. člena Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah je v zvezi z rekonstrukcijo stavb podana splošna omejitev uporabe pravilnika, in sicer, da se za rekonstrukcije uporablja pravilnik takrat, kadar so dane tehnične možnosti in to ni v nasprotju s pogoji varstva kulturne dediščine. Poleg tega je v petem odstavku 9. člena Zakona o graditvi objektov v zvezi z rekonstrukcijo stavb podana splošna omejitev glede uporabe Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah, saj je določeno, da lahko projektirane ali izvedene rešitve odstopajo od predpisanih zahtev. Navedeno pomeni, da je treba pri rekonstrukcijah stavb ali pri gradnjah, ki neposredno vplivajo na zaščiteno kulturno dediščino, namesto s to tehnično smernico predlaganih ukrepov izbrati tako alternativno kombinacijo gradbenih in tehničnih ukrepov, ki upoštevajo konkretno ugotovljene omejitve in pogoje, kar v največji meri prispeva k izpolnitvi zahtev pravnega reda na področju zaščite pred hrupom. Iskati je treba alternativne rešitve bodisi za celo stavbo bodisi za njen del.

Za rekonstrukcije in vzdrževanje obstoječih stavb se pravilnik uporablja tudi takrat, ko je treba izboljšati zvočno izolacijo zunanjih ločilnih elementov zaradi povečanih ravni zunanjega hrupa.

d) Razmerje do zahtev pravnih predpisov s področja zaščite stavb pred hrupom
Vsebina te tehnične smernice priporoča gradbene ukrepe, ki so izjemoma lahko tudi predmet urejanja nekaterih pravnih predpisov. V razmerju do veljavnih predpisov je tehnična smernica napisana tako, da predlagani gradbeni ukrepi niso v nasprotju z njihovimi zahtevami. Če se pri njeni uporabi kljub temu ugotovi, da bi izvedba posameznega predlaganega ukrepa pomenila kršitev določb veljavnega predpisa, je treba v celoti upoštevati obvezne zahteve zakonodaje.
V točki 0.2.1 je upoštevano stanje veljavnosti predpisov na dan izdaje te tehnične smernice. Spremembe, povezane z izdajo novih predpisov in s tem povezanimi razveljavitvami, morajo uporabniki spremljati v Uradnem listu Republike Slovenije ali Uradnem listu Evropskih skupnosti za odločbe in odloke ES.

0.2 REFERENČNI DOKUMENTI

0.2.1 Predpisi

0.2.1.1 Zakon o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/04 – uradno prečiščeno besedilo, 14/05 – popr., 92/05 – ZJC-B, 93/05 – ZVMS, 111/05 – odl. US, 126/07, 108/09, 61/10 – ZRud-1, 67/10 – ZRud-1A in 20/11 – odl. US),
0.2.1.2 Zakon o gradbenih proizvodih (Ur. l. RS, št. 52/00, 110/02 – ZGO-1),
0.2.1.3 Zakon o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (Uradni list RS, št. 17/11),
0.2.1.4 Zakon o varnosti in zdravju pri delu (Uradni list RS, št. 43/11),
0.2.1.5 Zakon o varstvu okolja (Uradni list RS, št. 39/2006 - uradno prečiščeno besedilo, 49/06-ZMetD, 66/06 odl. US, 112/06 odl. US, 33/07-ZPNačrt, 57/208-ZFO-1A, 70/08 in 108/09),
0.2.1.6 Zakon o akreditaciji (Uradni list RS, št. 59/66),
0.2.1.7 Uredba o ocenjevanju in urejanju hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 121/04),
0.2.1.8 Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju (Uradni list RS, št. 105/05, 34/08, 109/09 in 62/10),
0.2.1.9. Uredba o klasifikaciji vrst objektov in objektih državnega pomena (Uradni list RS, št. 109/11),
0.2.1.10 Pravilnik o zaščiti pred hrupom v stavbah (Uradni list RS, št. 10/12),
0.2.1.11 Pravilnik o potrjevanju skladnosti in označevanju gradbenih proizvodov (Uradni list št. 54/01),
0.2.1.12 Pravilnik o projektni dokumentaciji (Uradni list RS, št. 55/08).

0.2.2 Standardi

0.2.2.1 SIST EN 12354-1 Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 1. del: Izolirnost pred zvokom v zraku med prostori,
0.2.2.2 SIST EN 12354-2 Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 2. del: Izolirnost pred udarnim zvokom med prostori,
0.2.2.3 SIST EN 12354-3 Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 3. del: Izolirnost pred zvokom v zraku iz zunanjosti,
0.2.2.4 SIST EN 12354-5 Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 5. del: Zvočne ravni obratovalne opreme,
0.2.2.5 SIST EN 12354-6 Akustika v stavbah - Ocenjevanje akustičnih lastnosti stavb iz lastnosti sestavnih delov - 6. del: Absorpcija zvoka v zaprtih prostorih,
0.2.2.6 DIN 4109 - Dodatek 1: Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren,

Zvočna zaščita stavb, primeri izvedbe in računski postopki,

0.2.2.7 SIST EN 20140-2 Akustika - Merjenje zvočne izolirnosti v zgradbah in zvočne izolirnosti gradbenih elementov - 2. del: Ugotavljanje, preverjanje in uporaba natančnosti podatkov,

0.2.2.8 SIST EN ISO 140-4 Akustika - Merjenje zvočne izolirnosti v stavbah in zvočne izolirnosti stavbnih elementov - 4. del: Terenska merjenja izolirnosti med prostori pred zvokom v zraku,

0.2.2.9 SIST EN ISO 140-5 Akustika - Merjenje zvočne izolirnosti v stavbah in zvočne izolirnosti stavbnih elementov - 5. del: Terenska merjenja izolirnosti fasadnih elementov in fasad pred zvokom v zraku,

0.2.2.10 SIST EN ISO 140-7 Akustika - Merjenje zvočne izolirnosti v stavbah in zvočne izolirnosti stavbnih elementov - 7. del: Terenska merjenja izolirnosti medetažnih konstrukcij pred udarnim zvokom,

0.2.2.11 SIST EN ISO 140-14 Akustika - Merjenje zvočne izolirnosti v stavbah in zvočne izolirnosti stavbnih elementov - 14. del: Smernice za posebne primere na terenu,

0.2.2.12 SIST EN ISO 3382-1 Akustika - Merjenje akustičnih parametrov v prostorih - 1. del: Odmevni čas v prireditvenih prostorih,

0.2.2.13 SIST EN ISO 3382-2 Akustika - Merjenje akustičnih parametrov v prostorih - 2. del: Odmevni čas v običajnih prostorih,

0.2.2.14 SIST EN ISO 18233 - Akustika - Uporaba novih merilnih metod na področju gradbene in prostorske akustike.

0.2.3
Smernice in drugi dokumenti

0.2.3.1 Building Regulations Technical Guidance Document E – Sound (Ireland),

0.2.3.2 The Building Regulations, Resistance to the passage of sound (England),

0.2.3.3. SIA D 0189 Bauteildokumentation Schallschutz im Hochbau, Zusammenstellung gemessener Bauteile,

0.2.3.4. Fasold W., Sonntag E., Winkler H., Bau- und Raumakustik. VEB Verlag, Berlin, 1987.

0.3 POMEN IZRAZOV

0.3.1 Varovani prostori so tisti prostori v stavbah, v katerih se ljudje zadržujejo pogosto in daljši čas (stanovanja, prenočitvene enote, ambulante, ordinacije, bolniške sobe, konferenčni prostori, učilnice, igralnice, čitalnice, ipd.).

0.3.2 Poslovni prostori so prostori, kjer poteka lastno poslovanje in poslovanje s strankami (pisarne, sprejemni prostori, sejne sobe, ipd.).

0.3.4 Manj hrupna strojnica je tista, v kateri maksimalna raven hrupa L_{AFmax} ne presega 80 dB(A).

0.3.5 Hrupna strojnica je tista, v kateri maksimalna raven hrupa L_{AFmax} presega 80 dB(A).

0.3.6 Manj hrupna restavracija je tista stavba ali del stavbe, namenjena gostilni, restavraciji, točilnici ipd., kjer maksimalna raven hrupa L_{AFmax} ne presega 80 dB(A), v njem niso predvideni glasbeni nastopi in obratujejo samo podnevi in zvečer.

0.3.7 Hrupna restavracija je tista stavba ali del stavbe, namenjena gostinski ponudbi ipd., v kjer najvišja maksimalna raven hrupa L_{AFmax} presega 80 dB(A), so predvideni glasbeni nastopi ali obratuje tudi ponoči.

0.3.8 Hrupna učilnica je prostor, kjer poteka izobraževanje in je zaradi naprav v prostoru ali vrste učenja hrupnejši kakor druge učilnice (učilnica za glasbeni pouk, tehnični pouk, telovadnica, učne delavnice, ipd.)

0.3.9 Raven hrupa je stalna, če se v časovnem intervalu, ki je dovolj dolg, da zajame vse značilnosti hrupa, spreminja za manj kakor 2 dB(A).

0.3.10 Časovna obdobja dneva so: dnevni čas od 6. do 18. ure, večerni od 18. do 22. ure in nočni čas od 22. do 6. ure.

0.3.11 L_{AF} je izmerjena vrednost ravni hrupa, izražena v dB(A) in izmerjena z merili, ki imajo frekvenčno ovrednoteno karakteristiko tipa A in časovno uteženo karakteristiko tipa F (fast).

0.3.12 L_{Aeq} je ekvivalentna stalna raven hrupa v danem časovnem intervalu ali v času merjenja, izražena v dB(A).

0.3.13 L_{AFmax} je maksimalna vrednost ravni hrupa L_{AF} v danem časovnem intervalu ali v času merjenja.

0.3.14 Poudarjeni toni so tisti toni v frekvenčnem spektru hrupa, katerih ravni za najmanj 5 dB presegajo ravni hrupa obeh sosednjih terčnih pasov slišnega frekvenčnega spektra.

0.3.15 Odmevni čas T_{60} je čas (s), v katerem po izključitvi vira zvoka zvočna raven v prostoru pade za 60 dB.

0.3.16 Ekvivalentna absorpcijska površina prostora (A) je namišljena absorpcijska površina (m^2) s 100-odstotno absorpcijo zvoka, ki v razpršenem zvočnem polju vpija enako zvočno energijo kakor skupna površina prostora s predmeti in osebami v njem.

0.3.17 Koeficient absorpcije zvoka α_s je razmerje med absorbirano zvočno močjo in zvočno močjo, ki vpade na površino.

0.3.18 Direktni prenos zvoka je prenos na ločilni element vpadlega zvoka, ki ga element neposredno seva (strukturni zvok) ali pa se prenaša kot zvok v zraku skozi posamezne dele elementa, npr. reže in prezračevalne naprave.

0.3.19 Stranski prenos zvoka je prenos zvoka po konstrukcijah iz oddajnega v sprejemni prostor.

0.3.20 Zvočna prepustnost ločilnega elementa τ' je enaka razmerju med zvočno močjo W_t', prepuščeno v sprejemni prostor, in zvočno močjo, vpadlo na ločilni element W_i

$$\tau' = \frac{W_t'}{W_i}$$

0.3.21 Gradbena zvočna izolirnost:

$$R' = 10\log\left(\frac{1}{\tau'}\right) \quad \text{dB,}$$

kjer je τ' zvočna prepustnost ločilnega elementa, upoštevajoč tudi stranski prenos zvoka prek sklopa konstrukcij, v katerega je ločilni element vgrajen (standard SIST EN 12354-1).

0.3.22 Izboljšanje izolirnosti pred zvokom v zraku ΔR predstavlja razliko v deležu prepuščene zvočne moči skozi gradbeni element (ali sklop gradbenih elementov) z dodatno zvočno izolacijsko oblogo in deležu prepuščene zvočne moči skozi element brez dodatne obloge.

0.3.23 Ovrednotena gradbena zvočna izolirnost R'_w je veličina, določena iz vrednosti R' v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih na frekvenčnem področju najmanj od 100 Hz do 3150 Hz skladno s standardom SIST EN ISO 717-1.

0.3.24 Standardna razlika zvočnih ravni D_{nT} predstavlja prostorsko in časovno povprečno razliko ravni zvočnih tlakov v dveh prostorih z enim ali več zvočnimi viri v enem od njiju, glede na referenčno vrednost odmevnega časa v sprejemnem prostoru T_0 = 0,5 s.

0.3.25 Ovrednotena standardna razlika zvočnih ravni $D_{nT,w}$ je veličina, določena iz vrednosti D_{nT} v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih na frekvenčnem področju najmanj med 100 Hz in 3150 Hz skladno s standardom SIST EN ISO 717-1.

0.3.26 Normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka L'_n predstavlja raven zvočnega tlaka udarnega zvoka v sprejemnem prostoru z upoštevanjem referenčne ekvivalentne absorpcijske površine v sprejemnem prostoru.

0.3.27 Ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$ je veličina, določena iz vrednosti L'_n v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih na frekvenčnem področju najmanj med 100 Hz in 3150 Hz skladno s standardom SIST EN ISO 717-2.

Izrazi s področja graditve objektov, ki niso opredeljeni v tej smernici, pomenijo enako, kakor je določeno v ZGO-1, Pravilniku o zaščiti pred hrupom v stavbah in skupini standardov SIST EN 12354.

1 MEJNE RAVNI ZUNANJEGA IN NOTRANJEGA HRUPA TER IZOLIRNOST

(1) Če je načrtovana stavba na mestu, kjer so na voljo podatki opravljenih meritev ali računska ocena dejanske obremenjenosti s hrupom ali če so znani podatki o predvidenih obremenitvah, imajo pri izračunu potrebne zvočne izolacije zunanjih ločilnih elementov stavbe ti podatki prednost pred splošnimi okoljskimi mejnimi ravnmi zunanjega hrupa. V takem primeru je treba preveriti zvočno izolacijo stavbe za tista obdobja dneva, ko je obremenitev stavbe s hrupom iz okolja največja.

(2) Če podatki o hrupu na mestu, kjer se stavba nahaja, niso na voljo, je treba pri izračunu zvočne izolacije zunanjih ločilnih elementov stavbe upoštevati splošne okoljske mejne ravni zunanjega hrupa iz preglednice 1.

Preglednica 1:

Območje varstva pred hrupom	L_{dan} dB(A)
IV. območje	75
III. območje	60
II. območje	55
I. območje	50

(3) Zvočna izolacija zunanjih in notranjih ločilnih elementov mora biti dovolj velika, da hrup v varovanih in poslovnih prostorih stavbe v posameznih obdobjih dneva ne bo presegal mejnih ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq}, ki so navedene v preglednici 2. V kolikor podatki o hrupu na mestu, kjer se stavba nahaja, niso na voljo, je treba pri izračunu zvočne izolacije zunanjih ločilnih elementov stavbe upoštevati dnevne mejne ravni iz preglednice 2.

Preglednica 2:

Namembnost prostora	Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa L_{Aeq}[1] dB(A)		
	dan	večer	noč [2]
Prostori v stanovanjih	35	33	30
Prenočitvene enote v stavbah za nastanitev (hotelih, motelih, penzionih ipd.) ter sobe v stanovanjskih stavbah za posebne namene (domovi za starejše, dijaški domovi, internati ipd.)	35	33	30
Bolniške sobe	30	30	30
Ambulante, ordinacije, operacijski prostori	35	35	35
Učilnice, predavalnice, delovni in študijski kabineti, knjižnice, čitalnice ipd.	35	35	35

[1] Mejne ravni hrupa se nanašajo na opremljene prostore in standardno absorpcijo˝.
[2] Ekvivalentna raven hrupa v nočnem času se nanaša na tisto uro, ko je hrup največji.

(4) Mejne ravni hrupa L_{AFmax}, ki ga v posameznih varovanih in poslovnih prostorih stavbe povzroča obratovalna oprema ali hrup iz prostorov druge namembnosti, ne smejo preseči vrednosti iz preglednice 3.

Preglednica 3:

Namembnost prostora	Mejne ravni hrupa L_{AFmax}[1,2] dB(A)
Varovani prostori v stanovanjih, prenočitvene enote, bolniške sobe	30
Ambulante, ordinacije, operacijski prostori	35
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.

1.1 POSEBNE ZAHTEVE ZA ZVOČNE LASTNOSTI OKEN IN VRAT

(1) Zvočna izolirnost, izmerjena v laboratoriju (R_w), oken, balkonskih vrat in panoramskih sten, mora biti najmanj za 2 dB večja od vrednosti, ki jo morajo imeti okna, balkonska vrata in panoramske stene, vgrajene v stavbo (R'_w).

(2) Zvočna izolirnost, izmerjena v laboratoriju (R_w), vrat kot notranjega ločilnega elementa, mora biti najmanj za 5 dB večja od vrednosti, ki jo morajo imeti vrata, vgrajena v stavbo (R'_w).

1.2 MEJNE VREDNOSTI IZOLIRNOSTI IN MAKSIMALNE RAVNI ZVOČNEGA TLAKA UDARNEGA HRUPA NOTRANJIH LOČILNIH ELEMENTOV

(1) Izolirnost pred zvokom v zraku in maksimalne ravni zvočnega tlaka udarnega hrupa za posamezne notranje ločilne konstrukcije glede na namembnost prostorov, ki jih te konstrukcije ločijo, morajo dosegati vsaj minimalne vrednosti iz preglednic od 4 do 10. Te vrednosti se nanašajo na sklop notranjih ločilnih elementov, ki tvorijo ločilne konstrukcije.

(2) Določene izolirnosti pred zvokom v zraku notranjih ločilnih elementov so podane z ovrednoteno zvočno izolirnostjo R'_w ali z ovrednoteno standardno razliko zvočnih ravni $D_{nT,w}$. Največje dovoljene vrednosti ovrednotene ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka so podane z $L'_{n,w}$.

Preglednica 4

Večstanovanjske stavbe in stanovanja v nestanovanjskih stavbah in stanovanjske stavbe za posebne družbene skupine (CC-SI 112 in 113)

Zap. št.	Notranji ločilni element	Izolacija (dB)	
4.1	Stena med stanovanjema ali oskrbovanima stanovanjema	R'_w	52
4.2	Stena med sosednjima stanovanjema v vrstnih hišah	R'_w	55
4.3	Stena brez vrat med stanovanjem in skupnim stopniščem ali hodnikom	R'_w	52
4.4	Stena med bivalnima enotama v stanovanjskih stavbah za posebne družbene skupine	R'_w	46
4.5	Stena med stanovanjem[1] in jaškom dvigala	R'_w	52
4.6	Stena med stanovanjem[1] in garažo ali uvozom vanjo	R'_w	57
4.7	Stena med stanovanjem[1] in poslovnim ali trgovskim delom stavbe	R'_w	55
4.8	Stena med stanovanjem in manj hrupno restavracijo	R'_w	57
4.9	Stena med stanovanjem[1] in hrupno restavracijo	R'_w	62
4.10	Stena med stanovanjem[1] in manj hrupno strojnico	R'_w	57
4.11	Stena med stanovanjem[1] in hrupno strojnico[2]	R'_w	6. člen
4.12	Stena, v katero so vgrajena vhodna vrata v stanovanje[1]	R'_w	52
4.13	Vhodna vrata iz skupnega stopnišča ali hodnika v stanovanje[1] s predprostorom[3]	R'_w	27
4.14	Vhodna vrata iz skupnega stopnišča ali hodnika v stanovanje[1] z neposrednim vstopom v bivalni ali spalni del stanovanja (brez predprostora)[2]	R'_w	37
4.15	Medetažna konstrukcija med stanovanjema[1]	R'_w $L'_{n,w}$	52 55
4.16	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in prostori, ki niso varovani, ali poslovnimi prostori pod njim	R'_w $L'_{n,w}$	52 58
4.17	Stopnišča, podesti, hodniki	$L'_{n,w}$	58
4.18	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in nestanovanjskim[4] delom stavbe pod njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
4.19	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in nestanovanjskim[4] delom stavbe nad njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 48
4.20	Medetažna konstrukcija med stanovanjem in garažo ali uvozom do nje pod stanovanjem	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
4.21	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in teraso ali balkonom nad stanovanjem	$L'_{n,w}$	58
4.22	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in manj hrupno restavracijo pod njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
4.23	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in manj hrupno restavracijo nad njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
4.24	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in hrupno restavracijo pod njim	R'_w $L'_{n,w}$	62 58
4.25	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in hrupno restavracijo nad njim	R'_w $L'_{n,w}$	62 43
4.26	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in manj hrupno strojnico pod njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
4.27	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in manj hrupno strojnico nad njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 43
4.28	Podna konstrukcija manj hrupne strojnice ali nestanovanjskega dela stavbe, ki je poleg stanovanja1 ali pod njim	$L'_{n,w}$	43
4.29	Medetažna konstrukcija med stanovanjem[1] in hrupno strojnico[2]	R'_w $L'_{n,w}$	6 . člen
4.30	Medetažne konstrukcije v vrstnih hišah	$L'_{n,w}$	55
4.31	Stopnišča, podesti in hodniki v vrstnih hišah	$L'_{n,w}$	55

[1] Za stanovanje štejejo tudi bivalne enote v domovih za starejše osebe, študentskih in dijaških domovih, delavskih domovih, begunskih centrih ipd.

[2] Pri novogradnjah hrupna strojnica ne sme mejiti na stanovanje.

[3] Zvočna izolirnost vrat, ki mora biti zagotovljena po vgradnji vrat v stavbo.

[4] Nestanovanjske stavbe po predpisu o uporabi enotne klasifikacije objektov (CC-SI-12).

Preglednica 5

Hotelske in podobne stavbe za kratkotrajno nastanitev in druge gostinske stavbe za kratkotrajno nastanitev (CC-SI 12111 in 1212)

Zap. št.	Funkcija ločilne konstrukcije	Izolacija (dB)	
5.1	Stena med prenočitvenimi enotami hotelov višjih kategorij (štiri zvezdice ali več)	R'_w	52
5.2	Stena med prenočitvenimi enotami hotelov nižjih kategorij in drugih gostinskih stavb za kratkotrajno nastanitev	R'_w	46
5.5	Stena brez vrat med prenočitveno enoto in skupnim hodnikom	R'_w	46
5.6	Ločilna konstrukcija med prenočitveno enoto s predprostorom in skupnim hodnikom	$D_{nT,w}$	45
5.7	Ločilna konstrukcija med prenočitveno enoto brez predprostora in skupnim hodnikom	$D_{nT,w}$	37
5.8	Stena med prenočitveno enoto in prostorom za druge namene	R'_w	55
5.9	Stena proti manj hrupni strojnici	R'_w	57
5.10	Stena proti hrupni strojnici1	R'_w	6 . člen
5.11	Medetažna konstrukcija med prenočitvenimi enotami	R'_w $L'_{n,w}$	52 58
5.12	Medetažna konstrukcija med prenočitveno enoto in prostorom za druge namene nad njo	R'_w $L'_{n,w}$	55 48
5.13	Medetažna konstrukcija med prenočitveno enoto in prostorom za druge namene pod njo	R'_w $L'_{n,w}$	55 58
5.14	Medetažna konstrukcija proti manj hrupni strojnici spodaj	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
5.15	Medetažna konstrukcija proti manj hrupni strojnici zgoraj	R'_w $L'_{n,w}$	57 43
5.16	Medetažna konstrukcija proti hrupni strojnici[1]	R'_w $L'_{n,w}$	6. člen
5.17	Stopnišča in podesti	$L'_{n,w}$	58

[1] Pri novogradnjah hrupna strojnica ne sme mejiti na varovane prostore.

Preglednica 6

Gostilne, restavracije in točilnice (CC-SI 12112)

Zap. št.	Funkcija ločilnega elementa	Izolacija (dB)	
6.1	Stena med manj hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov	R'_w	52
6.2	Stena med hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov	R'_w	57
6.3	Medetažna konstrukcija med manj hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov nad njo	R'_w $L'_{n,w}$	52 58
6.4	Medetažna konstrukcija med manj hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov pod njo	R'_w $L'_{n,w}$	52 53
6.5	Medetažna konstrukcija med hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov nad njo	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
6.6	Medetažna konstrukcija med hrupno restavracijo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov pod njo	R'_w $L'_{n,w}$	57 43

Preglednica 7

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

Zap. št.	Funkcija ločilnega elementa	Izolacija (dB)	
7.1	Stena med deli stavb različne namembnosti in prostori različnih uporabnikov	R'_w	52
7.2	Stena brez vrat med prostori za zahtevno delo in sejnimi sobami, muzejskimi prostori, knjižnicami ter med drugimi delovnimi prostori istega uporabnika	R'_w	48
7.3	Stena brez vrat med drugimi delovnimi prostori istega uporabnika.	R'_w	46
7.4	Stena proti manj hrupni strojnici	R'_w	57
7.5	Stena proti hrupni strojnici[1]	R'_w	6. člen

7.6	Medetažne konstrukcije med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe.	R'_w $L'_{n,w}$	52 58
7.7	Medetažne konstrukcije med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe in preddverji, hodniki, vhodnimi prostori ter podobnimi prostori nad njimi.	R'_w $L'_{n,w}$	52 53
7.8	Medetažna konstrukcija med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe in manj hrupnimi strojnicami pod njimi	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
7.9	Medetažna konstrukcija med poslovnimi, trgovskimi, postajnimi, terminalskimi, muzejskimi in knjižničnimi deli stavbe in manj hrupnimi strojnicami nad njimi	R'_w $L'_{n,w}$	57 43
7.10	Medetažne konstrukcije proti zelo hrupnim strojnicam[1]	R'_w $L'_{n,w}$	6. člen

[1] Pri novogradnjah hrupna strojnica ne sme mejiti na poslovne prostore in prostore, kjer se daljši čas zadržujejo uporabniki.

Preglednica 8

Industrijske stavbe[1] (CC-SI 1251)

Zap. št.	Funkcija ločilne konstrukcije	Izolacija (dB)	
8.1	Stena med industrijskim delom stavbe in stanovanjem	R'_w	62
8.2	Stena med proizvodnim delom stavbe ter med pisarno, sejno sobo, delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov	R'_w	57
8.3	Medetažna konstrukcija industrijskim delom stavbe in stanovanjem pod njim	R'_w $L'_{n,w}$	62 43
8.4	Medetažna konstrukcija industrijskim delom stavbe in stanovanjem nad njim	R'_w $L'_{n,w}$	62 58
8.5	Medetažna konstrukcija med industrijskim delom stavbe in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov nad njim	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
8.6	Medetažna konstrukcija med industrijskim delom stavbe in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov pod njo	R'_w $L'_{n,w}$	57 53
8.7	Podna konstrukcija industrijskega dela stavbe, ki je poleg stanovanja ali pod njim	$L'_{n,w}$	43
8.8	Medetažna konstrukcija med industrijskim delom stavbe in pisarno ali sejno sobo nad njo	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
8.9	Medetažna konstrukcija med industrijskim delom stavbe in pisarno ali sejno sobo pod njo	R'_w $L'_{n,w}$	57 43

[1] Med industrijske stavbe po predpisu o uporabi enotne klasifikacije objektov sodijo med drugim tudi avtomehanične, mizarske in podobne delavnice, pekarne, montažne hale, tiskarne, itd.

Preglednica 9

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

Zap. št.	Funkcija ločilne konstrukcije	Izolacija (dB)	
9.1	Stena med učilnicama[1], stena med učilnico in kabinetom, stena med učilnico in prostorom za druge namene	R'_w	52
9.2	Stena med kabinetoma, stena med laboratorijema	R'_w	48
9.3	Stena med učilnico in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov	R'_w	57
9.4	Stena med hrupno učilnico in učilnico, delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov	R'_w	60
9.5	Vrata med učilnico ali kabinetom in hodnikom[2, 3]	R'_w	27
9.6	Vrata med učilnico ali kabinetom in hodnikom v stavbah za visokošolsko izobraževanje[2, 3]	R'_w	37
9.7	Stena med učilnico ali kabinetom in hodnikom, v katero so vgrajena vrata[4]	R'_w	47
9.8	Stena med učilnico ali kabinetom in hodnikom v stavbah za visokošolsko izobraževanje in fakultetah – stena, v katero so vgrajena vrata[4]	R'_w	52
9.9	Stena brez vrat med učilnico ali kabinetom in hodnikom ali stopniščem	R'_w	52
9.10	Stena proti manj hrupni strojnici	R'_w	57
9.11	Stena proti hrupni strojnici[5]	R'_w	6. člen

9.12	Vse medetažne konstrukcije, razen konstrukcij 8.13, 8.14, 8.15 in 8.16	R'_w $L'_{n,w}$	52 58
9.13	Medetažna konstrukcija med učilnico ali kabinetom in med hrupno učilnico pod njima	R'_w $L'_{n,w}$	60 58
9.14	Medetažna konstrukcija med učilnico ali kabinetom in med hrupno učilnico nad njima	R'_w $L'_{n,w}$	60 43
9.15	Medetažna konstrukcija proti manj hrupni strojnici spodaj	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
9.16	Medetažna konstrukcija proti manj hrupni strojnici zgoraj	R'_w $L'_{n,w}$	57 43
9.17	Medetažna konstrukcija proti hrupni strojnici[5]	R'_w $L'_{n,w}$	6. člen

[1] Sem sodijo tudi predavalnice, igralnice in podobni prostori, kjer poteka izobraževanje ali vzgoja.
[2] Zvočna izolirnost vrat, ki mora biti zagotovljena po vgradnji vrat v stavbo.
[3] Potrebno zvočno izolirnost se lahko zagotovi tudi v obliki zvokolova.
[4] Samo stena.
[5] Pri novogradnjah hrupna strojnica ne sme mejiti na učilnice, hrupne učilnice, kabinete, laboratorije in prostore, kjer se daljši čas zadržujejo uporabniki.

Preglednica 10

Stavbe za zdravstveno oskrbo (CC-SI 1264)

Zap. št.	Funkcija ločilne konstrukcije	Izolacija (dB)	
10.1	Stena med delom stavbe za zdravstveno oskrbo in delom stavbe druge namembnosti ali različnih uporabnikov	R'_w	52
10.2	Stena med bolniškima sobama	R'_w	47
10.3	Stena med bolniško sobo in sosednjim prostorom za druge namene istega uporabnika	R'_w	50
10.4	Stena med operacijsko dvorano ali operacijskim blokom in prostorom za druge namene	$D_{nT,w}$	52
10.5	Stena med ordinacijami, stena med ambulantami	R'_w	48
10.6	Vrata med ordinacijami, ambulantami, sobami za preiskave ter vrata med temi prostori in hodnikom ali čakalnico	R'_w	30
10.7	Stena iz točke 9.6, v katero so vgrajena vrata[1]	R'_w	47
10.8	Stena proti manj hrupni strojnici	R'_w	57
10.9	Stena proti hrupni strojnici[2]	R'_w	6. člen
10.10	Vse medetažne konstrukcije, razen konstrukcij 9.1, 9.12 in 9.13	R'_w $L'_{n,w}$	52 58
10.11	Medetažna konstrukcija proti manj hrupni strojnici spodaj	R'_w $L'_{n,w}$	57 58
10.12	Medetažna konstrukcija proti manj hrupni strojnici zgoraj	R'_w $L'_{n,w}$	57 43
10.13	Medetažna konstrukcija proti hrupni strojnici2	R'_w $L'_{n,w}$	6. člen
10.14	Stopnišča in podesti	$L'_{n,w}$	58

[1] Samo stena.
[2] Pri novogradnjah hrupna strojnica ne sme mejiti na bolniške sobe, ordinacije, ambulante, sobe za medicinske preiskave, operacijske dvorane in prostore, kjer se daljši čas zadržujejo uporabniki.

(3) V stavbah za kulturo in razvedrilo, v stavbah za šport, v obrednih stavbah in v nerazvrščenih stavbah je treba zagotoviti, da v varovanih in poslovnih prostorih teh stavb zaradi uporabe ostalih prostorov teh stavb ne bodo presežene mejne vrednosti ravni hrupa iz preglednic 2 in 3.

2 ZAŠČITA STAVB PRED ZUNANJIM HRUPOM

(1) Stavbe je treba ščititi pred viri hrupa v okolju predvsem z ukrepi za zmanjšanje emisije hrupa vira in z ukrepi za omejitev širjenja hrupa od virov hrupa v okolju do stavb, kar je predmet urejanja okoljskih predpisov.

(2) Za potrebe izpolnjevanja zahtev Pravilnika o zaščiti pred hrupom v stavbah se doseganje zadostne zvočne izolacije zunanjih ločilnih elementov zagotovi tako, da ravni hrupa v okolju iz preglednice 1 ne bodo presegale mejne ravni hrupa v varovanih in poslovnih prostorih stavbe skladno s preglednico 2.

2.1 IZRAČUN ZVOČNE IZOLIRNOSTI ZUNANJE LOČILNE KONSTRUKCIJE

(1) Izračun zvočne izolirnosti zunanjih ločilnih konstrukcij se izvede skladno s standardom SIST EN 12354-3.

(2) Skupna zvočna izolirnost zunanje ločilne konstrukcije, ki pripada obravnavanemu prostoru, je odvisna od zvočne izolirnosti posameznih zunanjih ločilnih elementov ter od deleža, ki ga površine teh elementov predstavljajo v skupni površini zunanje ločilne konstrukcije. Omenjeni elementi so predvsem:
- zunanja stena (s fasadno oblogo),
- okna, zunanja vrata v varovane in poslovne prostore, panoramske stene ipd.,
- dodatni elementi kakor npr. roletne omarice, prezračevalniki ipd.,
- streha.

(3) Zvočna izolacija zunanje ločilne konstrukcije je sposobnost, da v določeni meri omeji prehod zvoka iz okolja v varovani ali poslovni prostor. Mero za zvočno izolacijo zunanje ločilne konstrukcije predstavlja zvočna izolirnost dela zunanje ločilne konstrukcije, ki pripada posameznemu obravnavanemu prostoru, z ustrezno vrednostjo spektralne prilagoditve ($R'_{w,f} + C_{tr}$), kadar gre za hrup, ki ga pretežno predstavlja hrup zaradi prometa.

(4) Raven hrupa, ki nastaja v obravnavanemu prostoru zaradi zunanjega hrupa pred zunanjo ločilno konstrukcijo tega prostora, se določi z enačbo:

$$L_{notri} = L_{zunaj,2m} - (R'_{w,f} + C_{tr,f}) + 10.\log\left(\frac{S_f}{A}\right) - \Delta L_{fs} \quad \text{dB(A)},$$

kjer so:

L_{notri} - raven hrupa v varovanem prostoru, dB(A),
$L_{zunaj,2m}$ - raven hrupa 2 m od fasadne pregrade na zunanji strani, dB(A),
$R'_{w,f}$ - zvočna izolirnost dela fasade, ki pripada varovanemu prostoru, dB,
S_f - površina deleža fasade, ki pripada varovanemu prostoru, m^2 ,
A - ekvivalentna absorpcijska površina varovanega prostora, m^2 ,
C_{tr} - korekcija za spektralno prilagoditev skladno s standardom SIST EN ISO 717-1, dB(A),
ΔL_{fs} - korekcija zaradi vpliva oblike fasade, skladno s standardom SIST EN 12354-3.

(5) Ekvivalentna absorpcijska površina A v neopremljenem prostoru se določi z merjenjem dolžine odmevnega časa v terčnem frekvenčnem pasu s srednjo frekvenco 500 Hz in z enačbo :

$$A = \frac{0{,}163.V}{T} \quad \text{m}^2 ,$$

kjer sta:

V - prostornina prostora, m^3
T - dolžina odmevnega časa (s) v neopremljenem prostoru.

(6) Če podatki o odmevnem času obravnavanega varovanega in poslovnega prostora niso znani, se uporabi referenčni odmevni čas T_0 = 0,5 s.

(7) Zvočna izolirnost fasade ($R'_{w,f} + C_{tr}$) mora zagotavljati, da raven hrupa v varovanem ali poslovnem prostoru Lnotri ne presega predpisanih mejnih ravni za dnevni čas iz preglednice 2 iz točke 1 te tehnične smernice.

(8) Izhodišče za določanje potrebne skupne zvočne izolirnosti fasade predstavlja raven hrupa na zunanji strani fasadne pregrade L_{zunaj}, v kateri ni upoštevan odboj zvoka od fasade obravnavane stavbe.

2.2 ZVOČNA IZOLIRNOST ZUNANJIH LOČILNIH ELEMENTOV

(1) Zvočna energija ne prehaja enakomerno po celotni površini fasade, ki pripada varovanemu prostoru. Za primer v polno steno vgrajenega okna, kar je v praksi najbolj pogost primer, se določi skupno zvočno izolirnost fasade $R'_{w,f}$, upoštevajoč korekcijo za spektralno prilagoditev C_{tr} z enačbo:

$$(R'_{w,f} + C_{tr,f}) = (R_{w,f,p} + C_{tr,f,p}) - 10.\log\left[1 + \frac{S_o}{S_f}.\left(\frac{10^{0,1(Rw,f,p+Ctr,f,p)}}{10^{0,1(R'w,o+Ctr,o)}} - 1\right)\right] \text{ dB}$$

kjer je:

$R'_{w,o}$ - zvočna izolirnost okna, dB,
$R_{w,f,p}$ - zvočna izolirnost polnega dela fasade, dB,
$R'_{w,f}$ - skupna zvočna izolirnost dela fasade, ki pripada varovanemu prostoru, dB,
$C_{tr,o}$ - korekcija za spektralno prilagoditev okna, dB,
$C_{tr,f}$ - korekcija za spektralno prilagoditev fasade, ki pripada varovanemu prostoru, dB,
$C_{tr,f,p}$ - korekcija za spektralno prilagoditev polnega dela fasade, dB,
S_o - površina okna, m^2,
S_f - skupna površina dela fasade, ki pripada varovanemu ali poslovnemu prostoru (vključno z oknom), m^2.

(2) Kadar hrup zaradi prometa ni prevladujoča vrsta hrupa, v zgornji enačbi namesto korekcije za spektralno prilagoditev C_{tr} uporabimo korekcijo za spektralno prilagoditev C, skladno s standardom SIST EN ISO 717-1.

(3) Primera ocenjevanja notranjega hrupa ter izračuna zvočne izolirnosti fasade sta predstavljena v dodatkih E in F standarda SIST EN 12354-3.

2.2.1
Fasadne stene

(1) Zvočna izolirnost običajnih izvedb masivnih fasadnih sten in zidov z zunanjimi toplotnoizolacijskimi fasadnimi oblogami je v večini primerov tolikšna, da na skupno zvočno izolirnost fasade prevladujoče vpliva prehod zvoka prek drugih s stališča zvoka šibkejših fasadnih elementov, npr. oken, roletnih omaric, prezračevalnih elementov ipd.

(2) Pri fasadnih stenah ali zidovih iz lažjih materialov je lahko vpliv prehoda zvoka že tolikšen, da znatno vpliva na skupno zvočno izolacijo fasade. Sem sodijo npr. fasadne stene, grajene iz modularnih blokov iz votličastega betona ali opečnih modularnih blokov manjše debeline, montažne stene iz lažjih slojev (npr. mavčno-kartonske plošče) na lesenem ali kovinskem nosilnem okvirju in s polnilom iz mineralne volne ipd. Pri slednjih se v primerjavi z masivnimi stenami skoraj praviloma pričakuje manjša zvočna izolirnost pri nižjih frekvencah zvoka, kar lahko zmanjša zvočno zaščito pred vrstami hrupa s poudarjenimi ravnmi na nižjem frekvenčnem območju, npr. pred hrupom cestnega prometa, letal ipd.

(3) Uporabijo se podatki proizvajalcev gradbenih proizvodov, ki z laboratorijskimi meritvami po standardu SIST EN ISO 10140, drugim primerljivim standardom ali z izjavo o skladnosti potrjujejo zvočne lastnosti svojih proizvodov.

(4) Kadar podatki o izmerjeni zvočni izolirnosti niso na voljo, se za račun uporabijo podatki o zvočni izolirnosti, povzeti iz ustrezne strokovne literature,npr.:
- standard DIN 4109:1989 – Dodatek 1: Zvočna zaščita v visokogradnji, primeri izvedbe in računski postopki,
- zbrani podatki o zvočnih izolirnostih posameznih sestav sten in medetažnih konstrukcij SIA D 0189
- Fasold W., Sonntag E., Winkler H., Bau- und Raumakustik.

(5) Stranski prenos zvoka se pri določanju zvočne izolirnosti fasadnih sten zanemari, razen pri velikih zahtevah za zvočno izolirnost fasade.

2.2.2
Okna

(1) Obravnavana je le zvočna izolirnost oken, vendar se ugotovitve smiselno nanašajo tudi na zunanja vrata v bivalni prostor, panoramske stene ipd. Uporabijo se podatki proizvajalcev oken, ki z laboratorijskimi meritvami po standardu SIST EN ISO 10140, drugim primerljivim standardom ali z izjavo o skladnosti potrjujejo zvočne lastnosti svojih proizvodov.

(2) Kadar podatki o izmerjeni zvočni izolirnosti niso na voljo, se za račun uporabijo podatki o zvočni izolirnosti, povzeti iz ustrezne strokovne literature kot npr.:
- standard SIST EN 12758: Steklo v stavbah – Steklo in izolirnost pred zvokom v zraku – Opis in opredelitev lastnosti, v povezavi s standardom SIST EN 14351-1: Okna in vrata – Standard za proizvod, zahtevane lastnosti – 1. del: Okna in vrata brez določenih lastnosti požarne odpornosti in dimotesnosti, vendar z vključeno odpornostjo strešnih oken proti požaru z zunanje strani, dodatek B,
- standard DIN 4109: Dodatek 1: zvočna zaščita v visokogradnji, primeri izvedbe in računski postopki,
- standard DIN 4109: Dodatek 1: zvočna zaščita v visokogradnji, primeri izvedbe in računski postopki,
- Fasold W., Sonntag E., Winkler H., Bau- und Raumakustik.

(3) Praviloma se zaradi potreb po zadostni toplotni izolaciji uporabljajo okna z izolacijskim steklom, kjer se v medprostoru med stekli nahaja plin (npr. argon ali kripton), kar dobro vpliva tudi na zvočno izolirnost oken. Za doseganje visokih vrednosti zvočne izolirnosti (prek 40 dB) se uporabljajo t.i. laminirana stekla s povečanim notranjim dušenjem, kar zmanjša resonančni odziv stekla na vzbujanje z zvokom.

2.2.2.1
Prehod zvoka prek pripir med okvirjem in krilom okna

Prehod zvoka prek netesnjenih pripir med okenskim krilom in okvirjem lahko bistveno zniža skupno zvočno izolirnost okna. Že za doseganje zvočne izolirnosti okna najmanj 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 treba trajnoelastično tesnilo namestiti na zunanjo pripiro. Za doseganje zvočne izolirnosti okna prek 35 dB je treba na pripire namestiti najmanj dve tesnili v dveh ravninah po celotni dolžini pripir.

2.2.2.2
Prehod zvoka prek stika med okenskim okvirjem in gradbeno konstrukcijo

Zagotoviti je treba tudi ustrezno tesnjenje priključka med okenskim okvirjem in gradbeno konstrukcijo. Stik med okenskim okvirjem in gradbeno konstrukcijo mora biti izveden tako, da ne vpliva na zvočno izolirnost okna. Značilne različice priključkov za različne razredne zvočne izolirnosti oken so prikazane v smernicah VDI 2719.

2.2.3
Roletne omarice

V kolikšni meri bo roletna omarica vplivala na zvočno izolirnost fasade je odvisno od zvočne izolirnosti roletne omarice. Uporabijo se podatki proizvajalcev roletnih omaric, ki z laboratorijskimi meritvami po standardu SIST EN ISO 10140 ali drugim primerljivim standardom ali z izjavo o skladnosti potrjujejo zvočne lastnosti svojih proizvodov.

2.2.4
Prezračevalniki

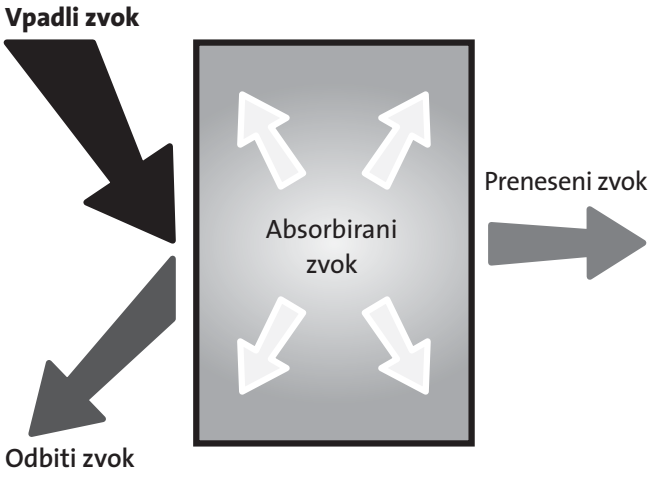
(1) Če se v fasadno steno vgradi prezračevalnike, ki omogočajo prezračevanje prostora pri zaprtih oknih in niso sestavni del okna, je treba pri ugotavljanju skupne zvočne izolirnosti fasade upoštevati tudi prehod zvoka prek prezračevalnika. Ker je zvočna izolirnost prezračevalnika zaradi odprtin za prehod zraka majhna, je treba uporabiti zvočno dušene prezračevalnike, v katerih se zvok na poti skozi odprtine prezračevalnika absorbira v zvočno absorpcijskem materialu, npr. v mineralni volni, prekriti s steklenim voalom ipd.

(2) Pri vgradnji prezračevalnika je treba preprečiti nekontrolirano prehajanje zvoka prek stikov med prezračevalniki in okenskimi elementi ter med prezračevalnikom in gradbeno konstrukcijo.

(3) Uporabijo se podatki proizvajalcev prezračevalnikov ali oken, ki z laboratorijskimi meritvami po standardu SIST EN ISO 10140, drugim primerljivim standardom ali z izjavo o skladnosti potrjujejo zvočne lastnosti svojih proizvodov.

3 IZOLACIJA NOTRANJIH LOČILNIH KONSTRUKCIJ PRED HRUPOM V ZRAKU

Pri prehodu zvoka skozi sredstvo se del njegove energije odbije, del se je absorbira, preostanek pa prodre skozi. V ta namen dodajamo ustrezne elemente med prenosne poti zvoka, ki zvok bodisi delno odbijajo, delno pa ga prepuščajo in vpijajo (glej risbo 1).



Risba 1: Odboj, absorpcija in prepustnost zvoka

(1) Za zagotovitev zadostne zvočne izolirnosti je treba upoštevati predvsem naslednje:
- velike površinske mase ločilnih elementov na splošno zagotavljajo večjo zvočno izolirnost,
- izolirnost se na splošno povečuje s frekvenco, vendar pa ima vsaka stena svoj "šibak" frekvenčni interval, kjer izolacija upade in je lahko nezadostna,
- uporaba večslojnih ločilnih elementov omogoča boljšo zvočno izolirnost,
- vrata in okna morajo biti akustično obdelana,
- izogibati se je treba kakršnim koli odprtinam, tudi najmanjšim; uporabiti je treba ustrezna tesnila.

(2) Najšibkejši člen v zvočni izolirnosti obodnih sten objektov predstavljajo odprtine. Čim večji je delež odprtin v primerjavi s celotno površino stene, tem slabša je rezultirajoča zvočna izolirnost. V primeru akustično neobdelanih odprtin rezultirajoča izolirnost občutno pade, kar približno ocenimo z enačbo:

$$R'_W = -10\,log(\,p\,)$$

kjer je:

p - delež odprtin glede na celotno površino.

(3) To pomeni, da v primeru deleža odprtin p = 1/1000 dosežemo največ 30 dB izolirnost, pri 1/100 največ 20 dB, pri 1/10 največ 10 dB, itd. To pomeni, da morajo biti prezračevalne odprtine čim manjše in akustično obdelane.

(4) Za oceno izolacije pred hrupom v zraku se uporabljajo predvsem naslednje veličine :
- izolirnost pred zvokom v zraku R (brez stranskega prenosa zvoka),
- izolirnost pred zvokom v zraku R' (vključno s stranskim prenosom zvoka),
- normirana razlika zvočnih ravni D_n in
- standardna razlika zvočnih ravni D_{nT} .

(5) Zveze med navedenimi veličinami so določene v standardu SIST EN 12354-1.

3.1 IZRAČUN IZOLIRNOSTI NOTRANJIH LOČILNIH ELEMENTOV PRED HRUPOM V ZRAKU

(1) Izolirnost ločilnega elementa pred zvokom v zraku z upoštevanjem stranskega prenosa zvoka se določi z enačbo (glej standard SIST EN 12354-1):

$$R' = 10\log\left(\frac{1}{\tau'}\right) = -10\log(\tau_d + \sum_{f=1}^{n}\tau_f + \sum_{e=1}^{m}\tau_e + \sum_{s=1}^{k}\tau_s) \quad \text{dB},$$

pri čemer je :

τ' - razmerje celotne zvočne moči, izsevane v sprejemni prostor, glede na zvočno moč, vpadlo na obema prostoroma, skupni del ločilnega elementa ;

τ_d - razmerje zvočne moči, izsevane iz skupnega dela ločilnega elementa, in zvočne moči, vpadle na obema prostoroma, skupni del ločilnega elementa;

τ_f - je razmerje med zvočno močjo, izsevano iz stranskega elementa f v sprejemnem prostoru, in zvočno močjo, vpadlo na obema prostoroma, skupni del ločilnega elementa;

τ_e - je razmerje med zvočno močjo, izsevano v sprejemni prostor iz majhnega elementa, ki predstavlja del ločilnega elementa, in zvočno močjo, vpadlo na obema prostoroma, skupni del ločilnega elementa;

τ_s - je razmerje med zvočno močjo, izsevano v sprejemni prostor iz sistema stranskih konstrukcij, na katerega vpada zvok v zraku, in zvočno močjo, vpadlo na obema prostoroma, skupni del ločilnega elementa;

n - število stranskih elementov (običajno 4);

m - število elementov, ki predstavljajo del ločilnega elementa (majhni elementi po standardu SIST EN 20140-10);

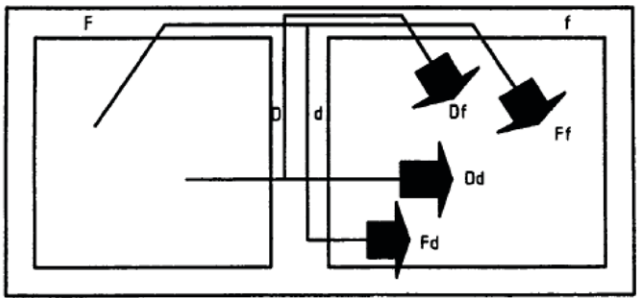
k - je število sistemov s stranskim prenosom zvoka v zraku.

(2) Skladno s podrobnim modelom po standardu SIST EN 12354-1 je treba izračun zvočne izolirnosti opraviti v terčnih frekvenčnih pasovih na frekvenčnem območju med 100Hz in 3150 Hz ter določiti ovrednoteno izolirnost pred zvokom v zraku R'_w skladno s standardom SIST EN ISO 717-1.

(3) Pri izračunu je treba upoštevati naslednje vhodne podatke za prenos zvoka po konstrukciji:
- zvočno izolirnost ločilnega elementa R_s;
- zvočno izolirnost i-tega elementa v oddajnem prostoru R_i;

- zvočno izolirnost j- tega elementa v sprejemnem prostoru R_j;
- izboljšanje zvočne izolirnosti zaradi dodatnih plasti na ločilnem elementu v oddajnem in/ali sprejemnem prostoru ΔR_D, ΔR_d;
- izboljšanje zvočne izolirnosti zaradi dodatnih plasti na i-tem stranskem elementu v oddajnem in/ali j-tem stranskem elementu v sprejemnem prostoru ΔR_i, ΔR_j;
- laboratorijsko določen odmevni čas elementa $T_{s,lab}$;
- faktor dušenja vibracij za vsak prenos zvoka od i-tega elementa do j-tega elementa K_{ij};
- površino ločilnega elementa S_s;
- površino elementa i v oddajnem prostoru S_i;
- površino elementa j v sprejemnem prostoru S_j;
- skupno sklopitveno dolžino med i-tim elementom in j-tim elementom.

(4) Definicija poti prenosa zvoka ij med dvema prostoroma je ponazorjena na risbi 2:



Risba 2 : poti prenosa zvoka med dvema prostoroma

(5) V primerih pretežno homogenih elementov se skladno s standardom SIST EN 12354-1 za izračun ovrednotene zvočne izolirnosti R'$_w$ lahko uporabi poenostavljeni model prenosa zvoka, kjer je ovrednotena zvočna izolirnost R'w določena z enačbo:

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

$\sum_{=1}$

pri čemer je:

$R_{Dd,w}$ - ovrednotena zvočna izolirnost za naposredni prenos zvoka, dB,

$R_{Ff,w}$ - ovrednotena izolirnost pred stranskim prenosom zvoka za pot prenosa F_f, dB,

$R_{Df,w}$ - ovrednotena izolirnost pred stranskim prenosom zvoka za pot prenosa D_f, dB,

$R_{Fd,w}$ - ovrednotena izolirnost pred stranskim prenosom zvoka za pot prenosa F_d, dB,

n - število stranskih elementov v prostoru; običajno je n = 4, vendar je lahko večje ali manjše, odvisno od zasnove in konstrukcije v obravnavanih razmerah.

(6) Nazoren primer izračuna izolirnosti pred zvokom v zraku ločilnih konstrukcij, ob upoštevanju stranskega prenosa zvoka, je predstavljen v dodatku H standarda SIST EN 12354-1. V poglavju H.2 dodatka H je predstavljen podrobni model izračuna za vzorčni frekvenčni pas s srednjo frekvenco 500 Hz, v poglavju H.3 dodatka H pa je predstavljen poenostavljeni model izračuna z enoštevilčnimi vrednostmi zvočne izolirnosti R_w. Uporabnost poenostavljenega model izračuna izolirnosti pred zvokom v zraku je omejena na direktni in stranski prenos zvoka konstrukcij s pretežno homogenimi elementi (točka 4.4.1 standarda SIST EN 12354-1).

(7) Pri podrobnem modelu se zvočna izolacija v stavbi računa v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih, in sicer na osnovi podatkov o gradbenih elementih v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih, pri poenostavljenem modelu pa se zvočna izolacija v stavbi izračuna z enoštevilčno vrednostjo zvočne izolirnosti, ki temelji na enoštevilčnih vrednostih zvočne izolirnosti za posamezne elemente, udeležene pri prenosu zvoka.

(8) Akustični podatki o posameznih gradbenih elementih (npr. ločilnih stenah, medetažnih konstrukcijah, vratih ipd.) naj se privzemajo predvsem iz standardiziranih laboratorijskih meritev, vendar pa se lahko izpeljejo tudi na druge načine, npr. s teoretičnimi izračuni, empiričnimi ocenami ali merilnimi rezultati, pridobljenimi z meritvami na terenu. Nekateri podatki o tem so predstavljeni npr. v dodatkih A do G standarda SIST EN 12354-1. Kot vir akustičnih podatkov za različne sestave gradbenih elementov se lahko uporabi tudi ustrezna strokovna literatura, npr.:

- standard DIN 4109:1989 – Dodatek 1: zvočna zaščita v visokogradnji, primeri izvedbe in računski postopki,
- zbrani podatki o zvočnih izolirnostih posameznih sestav sten in medetažnih konstrukcij SIA D 0189 Bauteildokumentation Schallschutz im Hochbau, Zusammenstellung gemessener Bauteile,
- Fasold W., Sonntag E., Winkler H., Bau- und Raumakustik.

(9) Pri povzemanju podatkov iz strokovne literature je treba upoštevati, ob kakšnih pogojih stranskega prenosa zvoka so bili pridobljeni. Za izračune po standardu SIST EN 12354-1 so potrebni podatki o zvočni izolirnosti elementov pri zanemarljivem stranskem prenosu zvoka. V kolikor ta pogoj ni izpolnjen, je treba uporabljene podatke prilagoditi. V primeru tistih podatkov o zvočni izolirnosti elementov iz Dodatka 1 standarda DIN 4109, ki se nanašajo na referenčni stranski prenos zvoka pri povprečni masi stranskih konstrukcij 300 kg/m^2 je npr. treba upoštevati prilagoditev vrednosti zvočne izolirnosti skladno z Dodatkom 3 standarda DIN 4109: „Zvočna zaščita v stavbi, izračun $R'_{w,R}$ za dokaz primernosti po definiciji v standardu DIN 4109 na podlagi v laboratoriju določene zvočne izolirnosti R_w.

(10) V vsakem primeru je treba vir vhodnih podatkov uporabljenih za račun po standardu SIST EN 12354-1 jasno navesti.

(11) Izolirnost pred zvokom v zraku se na podlagi rezultatov meritev določi z enačbo :

$$R' = 10.\log\left[\frac{W_i}{Wt}\right] = L_1 - L_2 + 10\log\left[\frac{S}{A}\right] \quad \text{dB,}$$

pri čemer so :

L_1 - povprečna raven zvočnega tlaka v oddajnem prostoru, v dB,

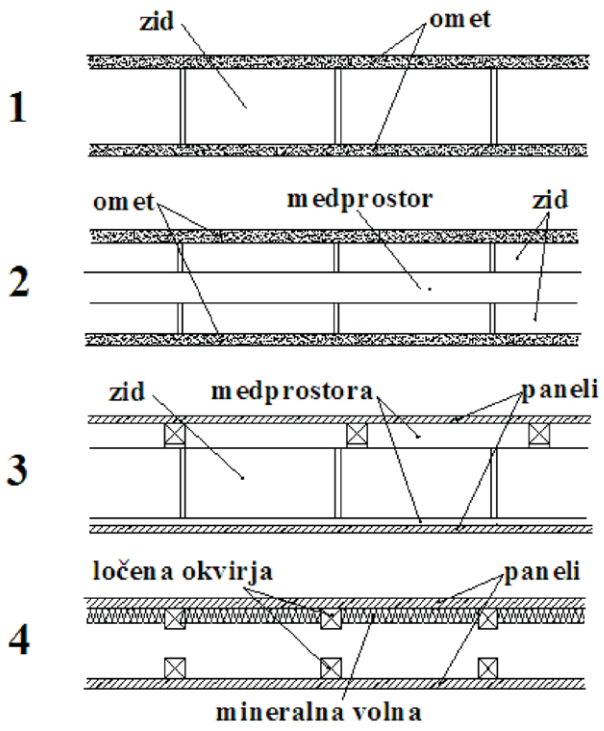
L_2- povprečna raven zvočnega tlaka v dB v sprejemnem prostoru, v dB,

A - ekvivalentna zvočno-absorpcijska površina v sprejemnem prostoru, v m^2 .

(12) Zvočna izolirnost R' se določi v terčnih frekvenčnih pasovih na frekvenčnem območju med 100 Hz in 3150 Hz. Ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku R'_w se določi skladno s standardom SIST EN ISO 717-1.

3.2 ZNAČILNI PRIMERI LOČILNIH STEN

Značilne primere ločilnih sten lahko razdelimo v štiri glavne tipe, kakor je ponazorjeno na sliki 3:

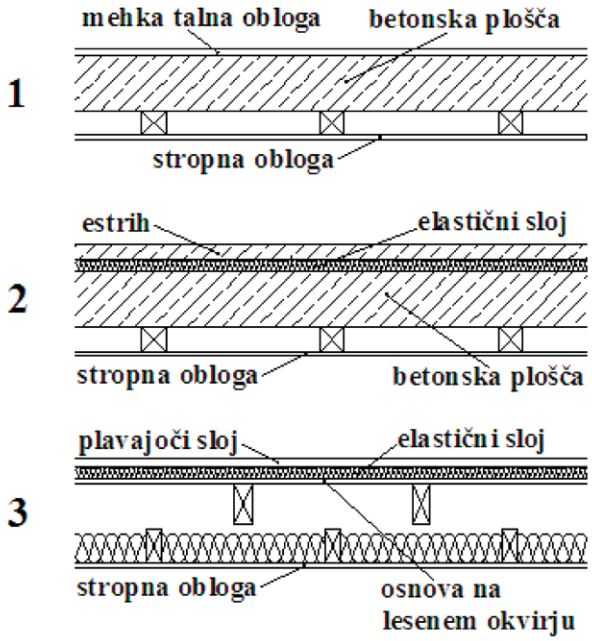


Risba 3: Značilni primeri ločilnih sten med prostori

- Stena – tip 1: toga, enoslojna stena;
  Zvočna izolirnost takšne stene je v glavnem odvisna od mase na enoto površine stene.
- Stena – tip 2: toga, dvoslojna stena z medprostorom;
  Zvočna izolirnost takšne stene je odvisna od mase na enoto površine posameznega sloja, od vrste povezave med slojema (npr. vezi, temelji ipd.) in od širine medprostora med njima.
- Stena – tip 3: toga, obložena stena;
  Zvočna izolirnost takšne stene je odvisna mase na enoto površine jedra stene ter od vrste oblog.
- Stena – tip 4: suhomontažne stene z absorpcijskim polnilom;
  Zvočna izolirnost takšne stene je odvisna od lastnosti suhomontažnih plošč (masa, elastičnost, notranje dušenje), od velikosti medprostora med ploščami, od debeline in lastnosti zvočno absorpcijskega polnila, od lastnosti nosilnega ogrodja in od načina povezovanja (dilatacije) naštetih elementov suhomontažnih sten.

3.3 ZNAČILNI PRIMERI MEDETAŽNIH (PODNIH) KONSTRUKCIJ

Značilne primere medetažnih konstrukcij lahko razdelimo v tri glavne tipe, kakor je ponazorjeno na risbi 4 :



Risba 4: Značilni primeri medetažnih konstrukcij in podestov

- Medetažna konstrukcija – tip 1: toga, betonska konstrukcija s stropno oblogo in mehko talno oblogo;
  Izolirnost pred zvokom v zraku je v glavnem odvisna od mase na enoto površine betonske podlage ter od vrste stropne obloge. Mehka talna obloga znižuje raven udarnega zvoka.
- Medetažna konstrukcija – tip 2: konstrukcija s plavajočim podom;
  Izolirnost pred zvokom iz zraka in izolacija pred udarnim zvokom sta odvisni od mase na enoto površine osnovne konstrukcije, od vrste plavajočega poda in od vrste stropne obloge.
- Medetažna konstrukcija – tip 3: lesena konstrukcija;
  Izolirnost pred zvokom v zraku in izolacija pred udarnim zvokom sta odvisni od lastnosti ploščatih elementov (masa, elastičnost, notranje dušenje), velikosti medprostora med ploščami, debeline in lastnosti zvočno absorpcijskega polnila, lastnosti nosilnih elementov in načina povezovanja naštetih elementov lesenih medetažnih konstrukcij.

4 IZOLACIJA KONSTRUKCIJ PRED UDARNIM HRUPOM

(1) Podlaga za oceno izolacije pred udarnim zvokom predstavljata dve veličini :
- normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka L'_n in
- standardna raven zvočnega tlaka udarnega zvoka L'_{nT}.

(2) Skupno raven zvočnega tlaka udarnega zvoka pri podnih konstrukcijah ocenimo z enačbo

$$L'_n = 10 \log (10^{0.1Ln,d} + \sum_{j=1}^{N} 10^{0.1Ln,ij})$$

pri čemer je:
$L_{n,d}$ - normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka zaradi direktnega prenosa, dB,
$L_{n,ij}$ - normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka zaradi stranskega prenosa, dB,
N - število stranskih elementov.

(3) Pri stopnicah, podestih in prostorih, ki so drug poleg drugega, se skupna raven udarnega zvoka oceni z enačbo :

$$L'_n = 10 \log (\sum_{i=1}^{N} 10^{0.1Ln,ij})$$

pri čemer je:
$L_{n,ij}$ - normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka zaradi stranskega prenosa, v dB,
N - število stranskih elementov.

(4) Izračun normirane ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka je treba opraviti skladno s standardom SIST EN 12354-2.

(5) Pri izračunu je treba upoštevati naslednje vhodne podatke:
- normirano raven zvočnega tlaka udarnega zvoka medetažne konstrukcije L_n;
- znižanje ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka zaradi talne obloge ΔL;
- znižanje ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka v sprejemnem prostoru zaradi namestitve dodatne obloge na sprejemno stran ločilnega elementa ΔL_d;
- zvočno izolirnost vzbujevanega elementa (podne konstrukcije) R_i;
- izboljšanje zvočne izolirnosti j-tega stranskega elementa zaradi namestitve dodatne obloge na sprejemno stran ločilnega elementa ΔR_j;
- laboratorijsko določeni odmevni čas elementa $T_{s,lab}$;
- faktor dušenja vibracij za vsako po prenosu zvoka od i-tega elementa do j-tega elementa K_{ij};
- površino ločilnega elementa S_s;
- površino stranskega elementa j v sprejemnem prostoru S_j;
- skupno dolžino spoja med i-tim elementom (tal) in j-tim stranskim elementom.

(6) Nazoren primer izračuna ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka je predstavljen v dodatku E standarda SIST EN 12354-2. V poglavju E.2 dodatka E je predstavljen podrobni model izračuna za vzorčni frekvenčni pas s srednjo frekvenco 500 Hz, v poglavju E.3 dodatka E pa je predstavljen poenostavljeni model izračuna z enoštevilčnimi vrednostmi. Uporabnost poenostavljenega model izračuna je omejena na prostore, ki so drug nad drugim ter na homogene osnovne podne konstrukcije (točka 4.3.1 standarda SIST EN 12354-2).

(7) Pri podrobnem modelu se raven zvočnega tlaka udarnega zvoka računa v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih, in sicer na osnovi informacije o normirani ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka za običajne homogene podne konstrukcije, ki je predstavljena v poglavju B.1 dodatka B standarda SIST EN 12354-2, ter na osnovi informacije o izboljšanju izolacije pred udarnim zvokom za običajne talne obloge, ki je predstavljena v poglavju C.1 dodatka C standarda SIST EN 12354-2. Informacija o izboljšanju zvočne izolirnosti v posameznih terčnih frekvenčnih pasovih je predstavljena v dodatku D standarda SIST EN 12354-1. Informacija o faktorjih dušenja vibracij za običajne spoje je predstavljena v dodatku E standarda SIST EN 12354-1.

(8) Pri poenostavljenem modelu se normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka računa na osnovi ovrednotenih vrednosti za elemente, vključene v prenos zvoka, določenih skladno s postopkom ovrednotenja po standardu SIST EN ISO 717-2.

(9) Akustični podatki o obravnavanih elementih (npr. nosilnih ploščah, plavajočih podih ipd.) naj se privzemajo predvsem iz standardiziranih laboratorijskih meritev, vendar pa se lahko izpeljejo tudi na druge načine, npr. s teoretičnimi izračuni, empiričnimi ocenami ali merilnimi rezultati, pridobljenimi z meritvami na terenu.

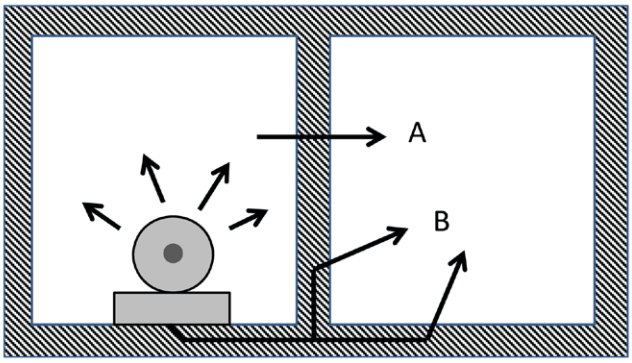
(10) Informacija o ekvivalentni ovrednoteni normirani ravni zvočnega tlaka udarnega zvoka $L_{n,w,eq}$ za običajne homogene podne konstrukcije je predstavljena v poglavju B.2 dodatka B standarda SIST EN 12354-2. Informacija o ovrednotenem normiranem izboljšanju izolacije pred udarnim zvokom D_{Lw} za plavajoče pode je predstavljena v poglavju C.2 dodatka C standarda SIST EN 12354-2.

(11) Kot vir akustičnih podatkov za različne sestave gradbenih elementov se lahko uporabi tudi ustrezna strokovna literatura, npr.:
- standard DIN 4109: Dodatek 1: zvočna zaščita v visokogradnji, primeri izvedbe in računski postopki,
- zbrani podatki o zvočnih izolirnostih posameznih sestav sten in medetažnih konstrukcij, SIA D 0189 Bauteildokumentation Schallschutz im Hochbau, Zusammenstellung gemessener Bauteile,
- Fasold W., Sonntag E., Winkler H., Bau- und Raumakustik.

(12) V vsakem primeru je treba vir vhodnih podatkov uporabljenih za račun po standardu SIST EN 12354-2 jasno navesti.

5 IZOLACIJA PRED HRUPOM OBRATOVALNE OPREME

(1) Postopek določanja ukrepov za zaščito pred hrupom zaradi obratovalne opreme vključuje naslednje faze:
- identifikacijo zvočnih virov ,
- določitev poti prenosa zvoka (risba 5),
- izdelava predloga protihrupne zaščite .



Risba 5 : Za pravilno izbiro protihrupnih ukrepov je pomembno določiti deleža hrupa, ki se prenaša po zraku (pot A), v primerjavi s tistim, ki se prenaša po konstrukciji (poti B)

(2) Pri določanju potrebnih ukrepov za zaščito pred hrupom obratovalne opreme se običajno uporabi tehnične simulacije. Te vključujejo uporabo različnih enačb ali pa ustreznih računalniških programov, zasnovanih na njih.

(3) Pri obravnavi hrupa obratovalne opreme se uporabi standard SIST EN 12354-5.

(4) Nazorni primeri izračunov ravni hrupa, ki ga povzroča obratovalna oprema v poslovnem oziroma v varovanih prostorih stavbe, so predstavljeni v dodatku I standarda SIST EN 12354-5.

5.1 ZMANJŠANJE HRUPA OBRATOVALNE OPREME, KI SE PRENAŠA PO KONSTRUKCIJI

(1) Strukturni hrup je moteči hrup, ki se razširja po trdnih telesih, na primer stenah, stropu, ceveh itd. Različni stroji in naprave povzročajo vibracije, ki se prenašajo po konstrukcijah. Del te energije se nato izseva iz konstrukcije v obliki hrupa. Nujne ukrepe za omejitev razširjanja hrupa po konstrukcijah je treba predvideti že v fazi načrtovanja, saj je običajno pozneje to bistveno težje popraviti, včasih celo nemogoče.

(2) Najprej je treba ugotoviti, kolikšen del hrupa se sploh prenaša po konstrukcijah, kar dostikrat predstavlja zelo zahteven akustičen problem. Pri tem je treba poznati lastno in vsiljene frekvence sistema. Te največkrat ugotavljamo z analizami FFT. Pred pristopom k reševanju strukturnega hrupa moramo biti prepričani, da je ta zares problem. Strukturni hrup je običajno povezan z vibracijami, zato je značilni ukrep povezan z protivibracijsko izolacijo. To pomeni razklopitev hrupnih naprav od okolice, kakor da ne bi bile v medsebojnem stiku. Protivibracijska izolacija postane uspešna šele nad frekvenco, ki je vsaj 1.4-krat višja od lastne frekvence. Lastna frekvenca je sorazmerna instalirani prožnosti in obratno sorazmerna masi hrupnega vira.

(3) Zato je dokaj težko protivibracijsko izolirati vir, ki obratuje z nizko frekvenco (na primer z obratovalno frekvenco pod 500 obrati/minuto, kar pomeni frekvenco približno 8 Hz). Znižanje strukturnega hrupa predstavlja zahteven problem, pred katerim so največkrat potrebne natančnejše meritve vibracijskih in akustičnih veličin, analize in izračuni.

(4) Najprej je treba preprečiti resonance, kar dosegamo s spremembami mas in prožnosti struktur. Naslednja vrsta ukrepov se nanaša na strukturno dušenje, ki spremeni vibracijsko v toplotno energijo, ali pa se uporabijo materiali, ki slabše prenašajo vibracije in sevajo manj zvoka.

(5) Najpogostejše metode za znižanje ravni izsevanega hrupa, ki je posledica prenosa po konstrukcijah, so naslednje:
- protivibracijska izolacija (montaža strojev na primerne protivibracijske izolatorje). Težke stroje je treba namestiti na samostojne temelje z zadostno maso in ločiti od druge konstrukcije,
- s pretvorbo strukturnega zvoka v toploto s pomočjo dušenja konstrukcij, ki sevajo zvok,
- ovijanje cevovodov in različnih prožnih spojev z ustreznimi izolacijsko-dušilnimi materiali,
- z elastičnimi veznimi elementi med strojem (npr. kompresorjem, črpalko, ventilatorjem ipd.) in tlačnim ali sesalnim cevovodom,
- z elastičnim obešanjem in vpenjanjem cevovodov in zračnih kanalov na nosilne stene ali stebre itn.

(6) Pri izbiri metode je treba upoštevati maso strojev in število obratov ter na tej podlagi izbrati primerne izolatorje.[1]

5.2 VRSTE IN PREDNOSTNI VRSTNI RED PROTIHRUPNIH UKREPOV

Protihrupni posegi na samem viru imajo najvišjo prednost na lestvici izvajanja protihrupnih ukrepov. Zaradi tega se ukrepi za znižanje hrupa s posegi na viru imenujejo primarni ukrepi. Ukrepi s posegi na poti prenosa zvoka od vira k izpostavljenemu prostoru, kakor na primer montaža protihrupnih kabin, ojačitve zvočnih izolacij ločilnih konstrukcij ipd., se imenujejo sekundarni ukrepi, ki so v mnogih primerih nepraktični Še slabše je z ukrepi v izpostavljenem prostoru. Te ukrepe imenujemo

[1] Pri reševanju prekomernega strukturnega hrupa rešitve, zasnovane na intuiciji, največkrat ne dajo pričakovanih rezultatov. Nameščanje raznih gumijastih, plutastih in podobnih podstavkov pod stroje na slepo, brez predhodnih analiz običajno ne prinese zadovoljivih rezultatov, pogosto pa se dogaja, da se hrup in vibracije v takšnih razmerah še povečajo.

terciarni ukrepi in so na med zadnjimi na prednostnem seznamu izvajanja protihrupnih ukrepov. Praviloma se uporabljajo kot začasni ukrep ali izhod v sili.

5.3 ZNIŽANJE RAVNI HRUPA PRI VIRU-PRIMARNI UKREPI

(1) V tem primeru zmanjšujemo ali odstranjujemo mehanizme generiranja hrupa, ali pa jih razklapljamo od prenosnih medijev, tako da v končni fazi izsevajo manjšo zvočno moč. Zmanjševanje hrupa na mestu vira se začne že pri sami izbiri obratovalne opreme. Podatke o hrupnosti naprave se prevzame iz izjave o skladnosti oziroma iz poročil o opravljenih meritvah, ki spremljajo proizvod – napravo.

(2) Emisijske ravni se podajajo kot ravni zvočne moči ali kot raven zvočnega tlaka. Emisijska raven zvočnega tlaka in raven zvočne moči sta količini, neodvisni od okolice, v kateri je hrupna naprava nameščena in torej predstavljata akustično karakteristiko te naprave. Čeprav se tako emisijska kot imisijska raven zvočnega tlaka izražata v decibelih, je med njima občutna razlika, saj je slednja odvisna tudi od okolice.

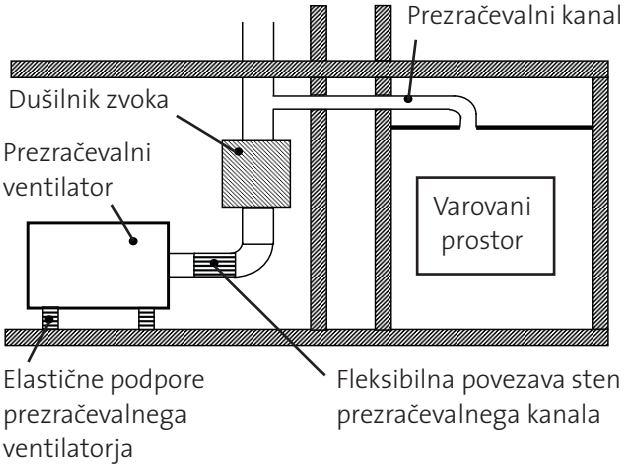
(3) Primarne metode zmanjševanja hrupa temeljijo na principu spremembe mehanizma povzročanja hrupa. Mehanizmi povzročanja hrupa so lahko aerodinamični (v plinastem mediju, npr. zraku) oz. hidrodinamični (v kapljevinastem mediju, npr. vodi), mehanski in elektromagnetni. Od vseh mehanizmov je aerodinamični, ki temelji na spremembi tlaka medija, najbolj intenziven; Hidrodinamični hrup je analogen aerodinamičnemu, razlika je v glavnem le v različnih prenosnih medijih (plini oziroma kapljevine). Sledi mu vibracijski, ki temelji na nihanju strukture stroja ali naprave. Magnetni hrup je v praksi redkejši in manj intenziven; pojavlja se na primer med obratovanjem močnejših električnih strojev.

(4) Aerodinamični in hidrodinamični hrup nastajata pri gibanju kapljevin. Glavni vir tega hrupa so vrtinci ali turbulence, zato je večina ukrepov vezana na njihovo znižanje. To dosegamo zlasti z naslednjimi ukrepi:
- znižanjem hitrosti,
- izboljšavo površinske kakovosti,
- posegi na ventilih in drugih ovirah: zmanjšanje njihove velikosti, optimizacija njihove oblike
- izogibanjem ostrim kolenom, spremembam presekov v cevovodih, itd.

(5) Aerodinamični in hidrodinamični hrup pogosto zmanjšujemo z uporabo dušilnikov. Dušilniki morajo biti nameščeni čim bližje viru hrupa. Ločimo tri skupine dušilnikov:
- disipacijski – katerih glavnino sestavljajo absorpcijski materiali in so namenjeni predvsem za nizke hitrosti plinov,
- reaktivni – njihov učinek temelji na skrbno načrtovani geometriji,
- ekspanzijski – ki se uporabljajo pri izpustih stisnjenega zraka, pa tudi pri zajemih zraka.

(6) Uporabljeni ukrep je odvisen od poudarjene frekvence v spektru hrupa. Z izbranim ukrepom vplivamo tudi na lastna nihanja strukture, zato moramo skrbeti, da bodo vzbujevalne sile čim bolj oddaljene od lastnih nihanj, če se hočemo izogniti pojavom resonance in nevarnostim zloma strukture oz. konstrukcije. Frekvence vzbujevalnih nihanj so najpogosteje v tesni povezavi z vrtilno frekvenco stroja in/ali številom lopatic (npr. ventilatorja), zob (pri zobnikih), ležajnih kroglic (pri ležajih) in podobno. Lastna nihanja strukture pa so odvisna predvsem od geometrije in sestave same konstrukcije.

(7) Primer ukrepov za zmanjšanje hrupa pri viru, je ponazorjen na risbi 6, in sicer za primer prezračevalnih naprav. Ukrepi, protihrupne zaščite, ki se uporabljajo pri prezračevalnih napravah, so z izjemo dušilnikov zvoka smiselno uporabni tudi pri drugi, pogosto uporabljani obratovalni opremi (npr. za klimatizacijo, za ogrevanje, za pripravo tople vode ipd.).



Risba 6: Glavni ukrepi protihrupne zaščite pri viru za primer prezračevalnih naprav

(8) Prezračevalni ventilator je zaradi preprečitve neposrednega vzbujanja vibracij gradbene konstrukcije nameščen na elastične podpore. Prezračevalni kanal, ki izhaja iz prezračevalnega ventilatorja, je z ostalim sistemom prezračevalnih kanalov povezan preko fleksibilnega dela, in sicer zaradi omejitve neposrednega prenosa vibracij iz ventilatorja na sistem prezračevalnih kanalov. V sistem prezračevalnih kanalov je v bližini ventilatorja vstavljen dušilnik zvoka za zmanjšanje prenosa hrupa ventilatorja po sistemu prezračevalnih kanalov.

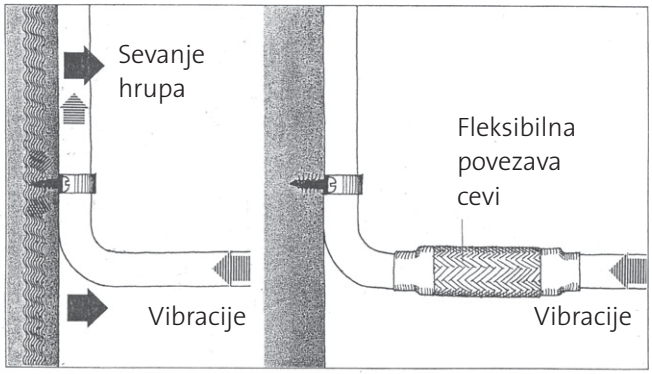
5.4 UKREPI ZA ZNIŽANJE RAVNI HRUPA NA POTI RAZŠIRJANJA - SEKUNDARNI UKREPI

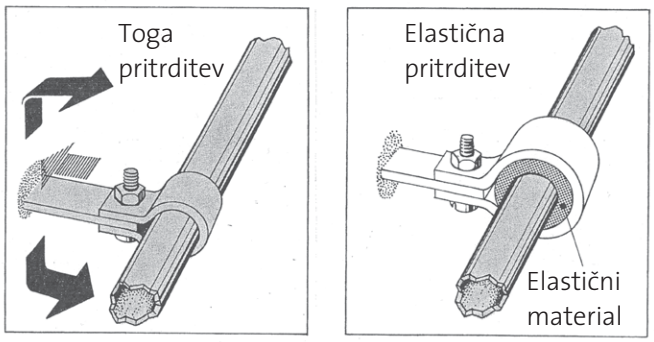
(1) Med sekundarne protihrupne ukrepe prištevamo posege okrog hrupnih virov, na poti od vira do za hrup občutljivega prostora, s ciljem znižanja hrupa na opazovanem imisijskem mestu. Pri reševanju prekomernega hrupa na poti njegovega razširjanja proti za hrup občutljivemu prostoru, je v prvi vrsti treba natančneje poznati mehanizem tega razširjanja. Del hrupa se širi

namreč po zraku, del pa po konstrukciji. Značilni primer protihrupnih ukrepov, kjer se zmanjša neposredno vzbujanje gradbene konstrukcije pri pritrditvi cevi za vodo na steno, je ponazorjen na risbi 7.

(2) S ciljem čim uspešnejše protihrupne sanacije je treba vsak delež posebej ovrednotiti. Najpreprostejši poseg v tej smeri je iskoriščanje geometrijske divergence in absorpcije zvoka v zraku, kar lahko dosežemo z lokacijo hrupnega vira na čimvečji oddaljenosti od za hrup občutljivega mesta. Raven zvočnega tlaka iz točkovnega vira pada v prostem zvočnem polju za 6 dB na podvojitev oddaljenosti, linijskega pa za 3 dB na podvojitev oddaljenosti. V primeru prisotnosti odmevnega zvočnega polja, ki je prisotno v zaprtih prostorih, je to upadanje bistveno počasnejše, še zlasti na večjih oddaljenostih od hrupnih virov.

(3) Sekundarne - pasivne ukrepe uporabimo takrat, ko primarni ukrepi ne zadoščajo ali tako narekujejo varnostni, tehnološki ali ekonomski kazalci. Ti ukrepi temeljijo na principu interference, absorpcije in odboja zvoka.

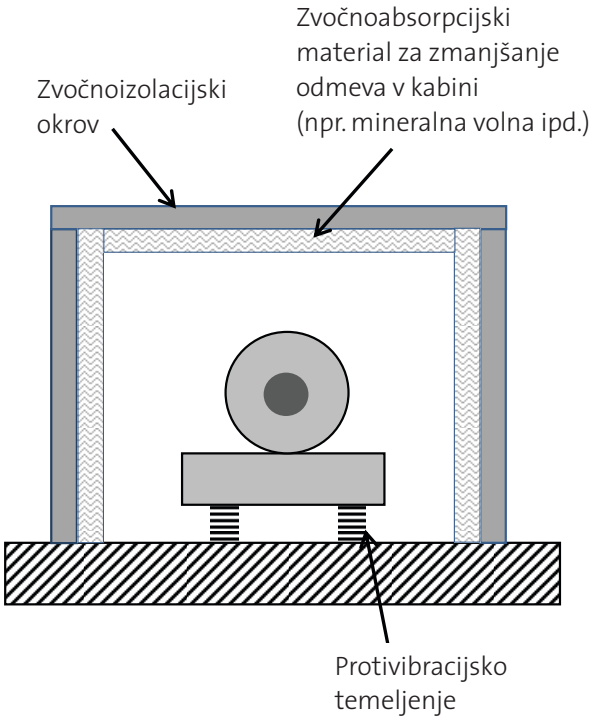




Risba 7: Načini pritrditve cevi za vodo na gradbeno konstrukcijo z namenom zmanjšanja hrupa zaradi neposrednega vzbujanja gradbene konstrukcije

5.4.1
Uporaba protihrupnih kabin

(1) S protihrupnimi kabinami je možno doseči učinkovito zmanjšanje hrupa na poti njegovega širjenja. Njihova učinkovitost je odvisna od zvočne izolirnosti njenih sten, absorpcije na njihovih notranjih stenah, odprtin in prenosnih poti za strukturni zvok, pa tudi od njene povezave z zvočnim virom. Če je kabina direktno pritrjena ali prislonjena na vibrirajoči zvočni vir se vibracije prenašajo skoraj v celoti na kabino, zato je treba poskrbeti za ustrezno razklopitev, oziroma protivibracijsko izolacijo. Kabina lahko začne vibrirati z enako frekvenco kot vir hrupa in z amplitudo, ki je lahko še večja kot pri viru. Amplituda in frekvenca nihanja kabine je odvisna od mase, togosti in dušenja oklepa kabine ter od resonance zračne blazine v kabini in od resonance oklepa kabine. Večji uspeh dušenja hrupa s kabino je pričakovati pri visokofrekvenčnih virih hrupa. Skupna površina zračnih odprtin kabine mora biti čim manjša. Če ta na primer dosega 10% celotne površine kabine, potem celo v primeru uporabe visokoizolacijskih materialov z njo ne moremo doseči znižanje ravni hrupa več kot 10 dB.



Risba 8: Protihrupna kabina

(2) Z uporabo zvočno absorpcijskih materialov na notranjih ploskvah sten lahko občutno povečamo tudi učinkovitost že omenjenih protihrupnih kabin. Kabine brez zvočno absorpcijskih materialov dajejo tudi do 10 dB slabše rezultate.

(3) Pomanjkljivosti protihrupnih kabin okrog hrupnih virov so otežen dostop, poslabšanje osvetlitvenih razmer, problem sproščanja in odvajanja toplote in s tem povezane požarne nevarnosti, dodatne statične obremenitve konstrukcij, itd.

6 OBVLADOVANJE ODMEVNEGA HRUPA

(1) Znižanje posredne (odmevne) komponente hrupa poveča udobje, razumljivost govora in tudi možnost ocene smeri, iz katere hrup prihaja, kar večkrat predstavlja pomemben dejavnik za ugodno akustično razpoloženje v prostoru. Ukrepi za znižanje ravni odmevnega hrupa so pomembni in nujni predvsem v zelo odmevnih prostorih, kakor so npr. pisarniški prostori, lokali, prehodi v trgovskih centrih, avle v sklopu postaj in terminalov, telovadnice in športne dvorane[2].

(2) Znižanje ravni odmevnega hrupa je pomembno tudi pri strojničnih prostorih, kjer lahko z ukrepi za obvladovanje odmevnega hrupa znatno znižamo raven hrupa v strojničnem prostoru ter s tem vpliv tega hrupa na sosednje prostore.

(3) Znižanje splošne ravni hrupa v prostorih dosežemo s povečanjem zvočne absorpcije na stropu in stenah. Pri tem je treba upoštevati frekvenčne značilnosti hrupnih virov, njihove razporeditve in geometrijo prostora. Pred posegom je priporočljiva analiza akustičnih lastnosti prostora, predvsem njegove odmevnosti in stopnje difuzije. Za prostore z difuznim zvočnim poljem je značilno, da je raven zvočnega tlaka od določene razdalje od vira dalje praktično ves čas enaka.

6.1 OCENJEVANJE ODMEVNEGA ČASA IN NJEGOVEGA VPLIVA NA HRUP

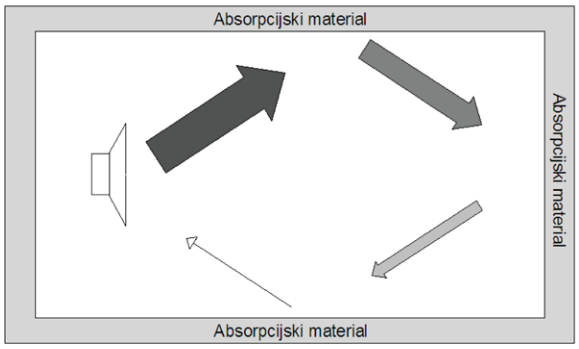
(1) Če v prostoru iznenada izključimo hrupni vir, akustični odboji še naprej potujejo po prostoru, vendar se njihova energija postopoma zmanjšuje pri vsakem odboju. Bolj ko je prostor odmeven, počasneje ta energija upada. Kot merilo za to upadanje se uporablja odmevni čas T_{60} to je čas, v katerem raven zvočnega tlaka pade za 60 dB. Štejemo, da je odmevni čas v opremljenih prostorih stanovanj približno 0.5 s.

(2) S povečanjem koeficienta absorpcije se ustrezno zmanjša odmevni čas, s tem pa tudi splošna raven hrupa. Znižanje ravni hrupa ΔL je odvisno od spremembe odmevnega časa in se določi z enačbo:

$$\Delta L = 10 \log \frac{T_1}{T_2}$$

pri čemer T_1 pomeni prvotni odmevni čas, T_2 pa odmevni čas po dodani absorpciji. Iz te enačbe je razvidno, da lahko splošno raven hrupa znižamo za 3 dB, če odmevni čas razpolovimo, pri štirikratnem znižanju bi se tudi hrupna energija štirikrat zmanjšala in bi raven hrupa padla za 6 dB, pri desetkratnem pa za 10 dB. 10 dB predstavlja v praksi zgornjo mejo, ki jo s takšnimi ukrepi lahko dosežemo. Pri tem je pomembna tudi velikost prostora. Kadar sta dolžina in širina prostora nekajkrat večji od višine, se prostor v akustičnem smislu obnaša kot dvodimenzionalen. V takšnih prostorih je zato smiselno poudariti čim večjo absorpcijo stropa, po možnosti pa tudi tal, čeprav je to praktično težko izvedljivo. S takšnim znižanjem dosežemo sprejemljive ravni hrupa, pa tudi sposobnost sporazumevanja se občutno poveča.

(3) Uspešnost znižanja ravni hrupa z novimi zvočno absorpcijskimi materiali je odvisna predvsem od oddaljenosti do hrupnega vira(ov), obstoječe absorpcije ter velikosti in oblike prostora. Zvok v takšnem prostoru se sestoji iz dveh sestavin: neposredne (direktni zvok) in posredne (zvok, ki se odbija od notranjih ločilnih površin prostora). V bližini hrupnega vira prevladuje neposredna komponenta zato njegova raven hitreje upada z oddaljenostjo. Na večjih oddaljenostih se hrup zmanjšuje predvsem zaradi vpliva absorpcije.



Risba 9: absorpcijski materiali znižajo prispevek odbite zvočne energije in s tem celotno raven hrupa v prostoru

(4) Za oceno uspešnosti znižanja hrupa z montažo zvočno absorpcijskih materialov najprej določimo oddaljenosti, na katerih začne prevladovati odmevna komponenta hrupa. Zvočna moč L_W posameznih hrupnih virov je stalna, z oddaljenostjo pa se spreminja imisijska raven njihovega zvočnega tlaka L_p. Zvezo med njima v danem prostoru s povprečno konstanto prostora R na oddaljenosti r približno popisuje naslednja enačba:

$$L_p = L_W - 10 \log\left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R}\right)$$

pri čemer je Q faktor usmerjenosti. Največkrat ga približno ocenimo z vrednostjo 2, ker so hrupni viri večinoma nameščeni na tleh, to je nad ravno, odbojno površino in večinoma dovolj odmaknjeni od sten. Prvi člen v oklepaju na desni strani enačbe predstavlja prispevek neposrednega zvočnega polja od vira, drugi pa vpliv odmevnosti. Absorpcija prične postajati učinkovita, ko postane drugi člen večji od prvega, torej:

[2] Treba je poudariti, da včasih prihaja do zmede glede uporabe zvočno izolacijskih in zvočno absorpcijskih materialov. Absorpcija je primeren način za znižanje hrupa v prostoru (strojnični prostor, telovadnica, hodnik ipd.), medtem ko je zvočna izolacija povezana s prehodom zvoka med prostori. Tako je na primer mineralna volna zelo dober zvočno absorpcijski material, vendar slab zvočni izolator (npr. plast mineralne volne z gostoto 20 kg/m^2 ima pri 1000 Hz izolirnost komaj 17 dB).

$$\frac{4}{R} > \frac{Q}{4\pi r^2}$$

ali

$$r > \sqrt{\frac{QR}{16\pi}}$$

(5) Konstanta prostora je povezana z absorpcijo, kar izraža enačba:

$$R = \frac{S\alpha}{1-\alpha} = \frac{A}{1-\alpha}$$

pri čemer je A ekvivalentna absorpcijska površina in α povprečni koeficient absorpcije zvoka notranjih mejnih površin prostora. Povečanje absorpcije zato nima učinka na lokacije v bližini hrupnih virov, uspešno pa je na večjih oddaljenostih. Na splošno je pri sanaciji z zvočno absorpcijskimi materiali treba zagotoviti neko minimalno vrednost nove konstante prostora $R_{2\,min}$, skladno z enačbo:

$$R_{2\,min} > R_1 10^{0.1\,\Delta L}$$

pri čemer je ΔL zahtevano znižanje ravni hrupa zaradi povečanja sobne konstante iz prvotne vrednosti R_1.

(6) S tem v zvezi je pomembna kritična oddaljenost rc od hrupnega vira, od katere dalje dobimo želeno znižanje hrupa za ΔL, pri povečanju sobne konstante iz vrednosti R_1 na R_2:

$$r_c > \sqrt{\frac{R_2 Q R_1 (10^{0.1\Delta L} - 1)}{16\pi (R_2 - R_1 10^{0.1\Delta L})}}$$

(7) Za prostore, ki imajo eno tlorisno dimenzijo bistveno večjo od njihove višine, imajo odboji od prileţnih sten majhen učinek, posredna komponenta pa je v glavnem posledica odbojev med tlemi in stropom. Zato je v takšnih prostorih smiselna ureditev zelo uspešne absorpcije ob stropu, tako da njen povprečni zvočno absorpcijski koeficient presega vrednost 0.9. Uspešnost takšnega zmanjšanja v tem primeru ni odvisna samo od oddaljenosti od vira, temveč tudi od višine stropa. Nizek strop obeta boljše zmanjšanje od visokega.

(8) Za razporeditev visečih absorberjev zvoka ne obstajajo univerzalni recepti, vendar je na splošno priporočljivo povečati njihovo koncentracijo nad pomembnejšimi hrupnimi viri ali v njihovi bližini. Na ta način absorberji pokrijejo večji prostorski kot s središčem v hrupnih virih, to pa zmanjša potrebo po namestitvi njihovega večjega števila. Pri njihovi razporeditvi je treba upoštevati tudi nekatere druge dejavnike, na primer osvetlitvene (namestitev zvočno absorpcijskih materialov naj bistveno ne vpliva na obstoječo dnevno in umetno osvetljenost), požarno varnost (uporabljeni absorpcijski materiali naj bodo požarno varni).

(9) V praksi se uporablja tri značilne vrste absorberjev zvoka, in sicer:
- porozni absorberji, to so materiali z ustrezno luknjičasto strukturo (mineralna volna, organske pene). V njihovi porozni strukturi prihaja do pretvorbe zvočne energije v toploto. Učinkoviti so v srednjem in še posebej višjem frekvenčnem spektru;
- membranski absorberji, to so tanke plošče z zračnim medprostorom med njimi in notranjo mejno površino prostora, na katero je membranski absorber nameščen. V večini primerov je zračni medprostor za tanko ploščo membranskega absorberja delno zapolnjen s poroznim absorberjem zvoka (npr. mineralno volno). Deformacije membrane in posledično stiskanje zraka za njo trošijo energijo zvoka, kar ima za posledico znižanje ravni hrupa v prostoru s takimi absorberji. Membranski absorberji so primerni za absorpcijo zvoka pri nižjih frekvencah;
- helmholtzovi absorberji, pri katerih prihaja do interakcije med zračno votlino in okolico prek tankega vratu. Helmholtzovi absorberji so običajno delno zapolnjeni s poroznim absorpcijskim materialom. Helmholtzovi absorberji zelo učinkovito absorbirajo zvok v ozkem frekvenčnem območju, in sicer so običajno uglašeni na nizke do srednje frekvence zvoka.

(10) Za določanje odmevnega časa iz zvočnoabsorpcijskih lastnosti notranjih mejnih površin prostora v ne prevelikih in v pravilno oblikovanih prostorih se uporablja standard SIST EN 12354-6.

7 PROSTORSKA AKUSTIKA

(1) Vsebina 7. točke ni del zahtev pravilnika, obravnava pa ukrepe za zagotavljanje primernih akustičnih razmer v prostorih, kjer je pomembna dobra razumljivost govora in multimedijskih vsebin: v učilnicah, predavalnicah, telovadnicah, šolskih večnamenskih prostorih in avlah, sejnih sobah, sodnih dvoranah, ipd.

(2) Smernica ne obravnava prostorov s posebnimi akustičnimi zahtevami, kakor so koncertne, operne in gledališke dvorane, kinodvorane, radijski in TV studii ter prostori v glasbenih šolah in akademijah. Smernica ne obravnava prostorov, katerih prostornina je večja od 8500 m^3. Za stavbe s takimi prostori je treba izdelati projektno nalogo za prostorsko akustiko, v kateri se določi zahteve in parametre, ki bodo v času projektiranja in gradnje dali ustrezne akustične rezultate.

7.1 TEMELJNE ZAHTEVE ZA DOBRO RAZUMLJIVOST GOVORA

Za zagotovitev dobre razumljivosti govora v prostoru je treba že v fazi načrtovanja ustrezno določiti parametre, od katerih je odvisna razumljivost govora, tj. odmevni čas ter prostornino in obliko prostora.

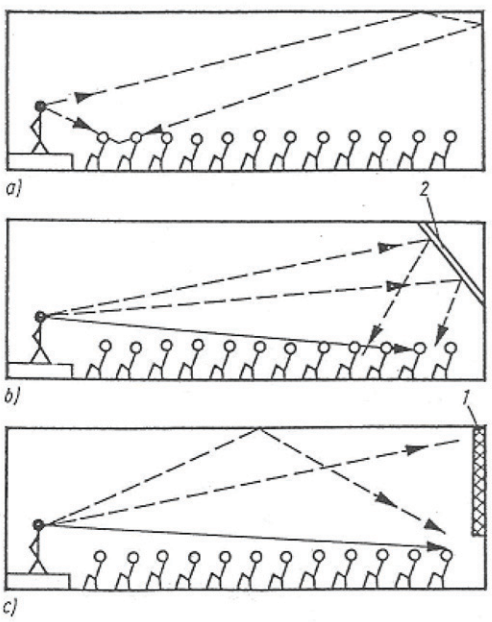
7.2 VPLIV ODBOJEV ZVOKA OD MEJNIH POVRŠIN PROSTORA NA RAZUMLJIVOST GOVORA

(1) Zvok prihaja od vira do poslušalca neposredno in prek odbojev od mejnih površin prostora. Razumljivost govora je v veliki meri odvisna tudi od odbojev zvoka. Ločimo zgodnje (koristne) in zapoznele (škodljive) odboje zvoka. Zgodnji odboji so tisti, ki pridejo do poslušalca s časovno zapoznelostjo, manjšo od 50 ms za neposrednim zvokom. Zapozneli odboji zvoka pridejo do poslušalca z zapoznelostjo, večjo od 50 ms za neposrednim zvokom, in običajno delujejo akustično škodljivo – zmanjšajo razumljivost.

(2) Zgodnji odboji zvoka od stropa in sten prostora so koristni, saj izboljšajo razumljivost govora in prispevajo k izenačeni ravni zvoka v prostoru.

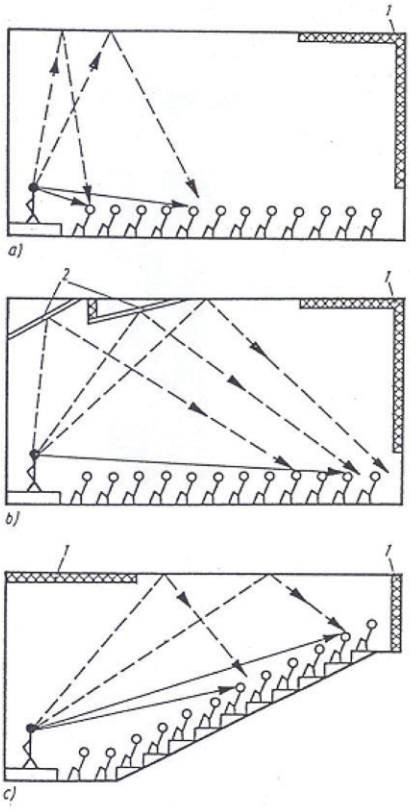
(3) Zapozneli odboji zvoka lahko nastanejo predvsem v srednje velikih in velikih prostorih. Zaznamo jih kot jek ali utripajoči jek in negativno vplivajo na razumljivost govora, zato jih je treba dušiti ali popolnoma preprečiti. To lahko dosežemo s primerno oblikovanim prostorom (izogibati se je treba ravnih vzporednih sten in konkavnih površin) in s primerno razporeditvijo zvočno absorpcijskih materialov na obodnih površinah prostora.

(4) Na risbi 10 je prikazan zapozneli odboj zvoka prek stropa in zadnje stene (a). Preprečimo ga z nagibom zgornjega dela zadnje stene (b) ali s primerno namestitvijo zvočno absorpcijskega materiala (c).



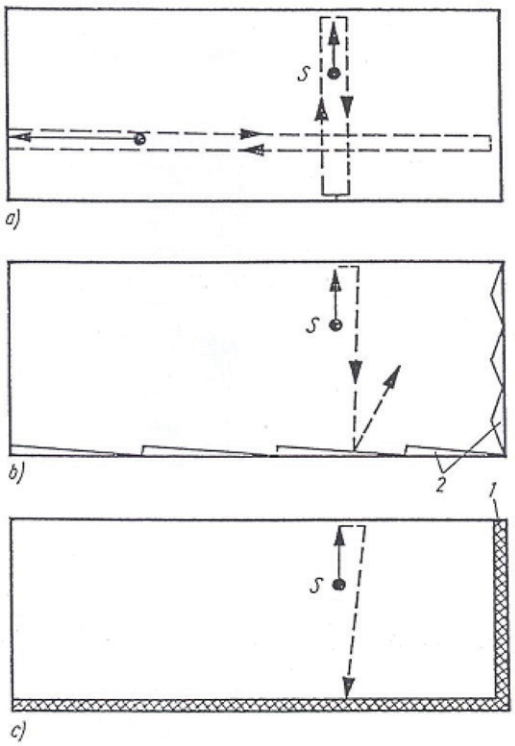
Risba 10: Začetni odboji in položaji reflektorjev in absorberjev

(5) Do zapoznelih odbojev zvoka od stropa lahko pride v previsokih prostorih (risba 11) (a). Preprečimo jih s primerno oblikovanim stropom (b) ali z namestitvijo zvočno absorpcijskega materiala na strop in poševnim dvigom avditorija (c).



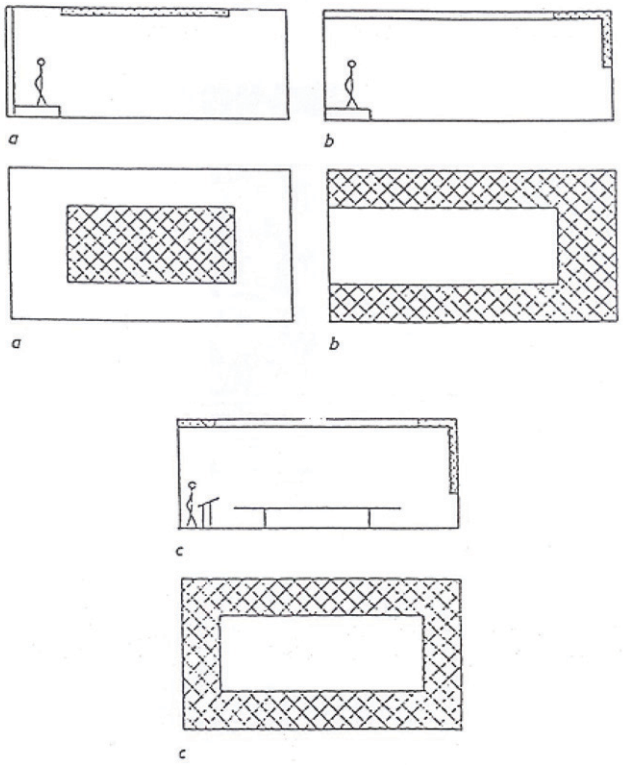
Risba 11: Začetni odboji in položaji reflektorjev in absorberjev v visokih prostorih

(6) Kako pri vzporednih stenah nastane utripajoči jek, je ponazorjeno na risbi 12 (a). Preprečimo ga s primernim oblikovanjem sten (b) ali z namestitvijo zvočne absorpcijske obloge (c).



Risba 12: Preprečevanje utripajočega jeka (flutter echo)

(7) Na risbi 13 je ponazorjena neprimerna (a) in primerna (b in c) namestitev zvočno absorpcijskih oblog v majhnih in srednje velikih prostorih, npr. v učilnicah, sejnih sobah (zgoraj je vzdolžni prerez, spodaj pogled na strop).



Risba 13: Namestitev zvočno absorpcijskih oblog

7.3 ODMEVNI ČAS

(1) Odmevni čas je odvisen od prostornine prostora in od ekvivalentne površine absorpcije v njem. Izračunamo ga po Sabinovi ali Eyringovi enačbi:

$$T_S = \frac{0{,}163.V}{A + 4.mV} \qquad \text{(Sabin)}$$

$$T_{Ey} = \frac{0{,}163.V}{-S.\log(1-\overline{\alpha}) + 4.mV} \qquad \text{(Eyring)}$$

T_S in T_{Ey} je odmevni čas po Sabinu oz. Eyringu, V je prostornina prostora, A je ekvivalentna absorpcijska površina prostora, α je srednji koeficient absorpcije zvoka vseh površin v prostoru. Člen $4.mV$ pomeni absorpcijo zvoka v zraku.

(2) Sabinova enačba je ustreznejša pri manjši absorpciji zvoka v prostoru (ko je srednji koeficient absorpcije zvoka manjši od 0,2), Eyringova pa pri večji.

7.3.1
Učilnice in predavalnice

(1) Optimalna vrednost odmevnega časa $T_{opt.}$ v polno zasedenih učilnicah in predavalnicah je glede na njihovo prostornino V določena z naslednjo enačbo:

$$T_{opt.} = 0{,}32\ .\ log\ V - 0{,}17$$

Vrednost odmevnega časa, določena po tej enačbi, se nanaša na srednjo vrednost odmevnega časa v oktavnih frekvenčnih pasovih 500 Hz in 1000 Hz.

(2) Grafično je optimalna vrednost odmevnega časa učilnic in predavalnic ponazorjena na diagramu 1.

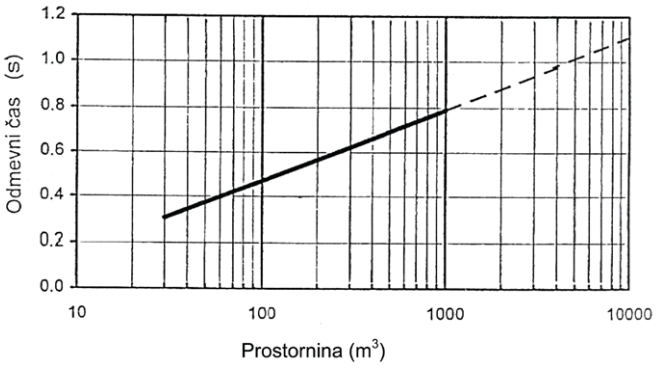


Diagram 1: Optimalni odmevni čas v učilnicah

(3) Tolerančno območje odmevnega časa, v odvisnosti od frekvence, je ponazorjeno na diagramu. 2.

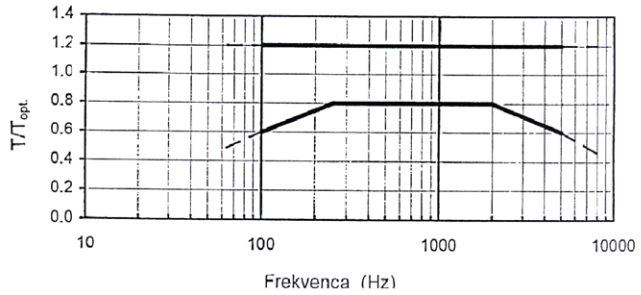


Diagram 2: Tolerančno polje T_{60} v učilnicah

(4) V učilnicah za glasbeni pouk je primernejši daljši odmevni čas. Optimalna vrednost je ponazorjena z diagramom 3.

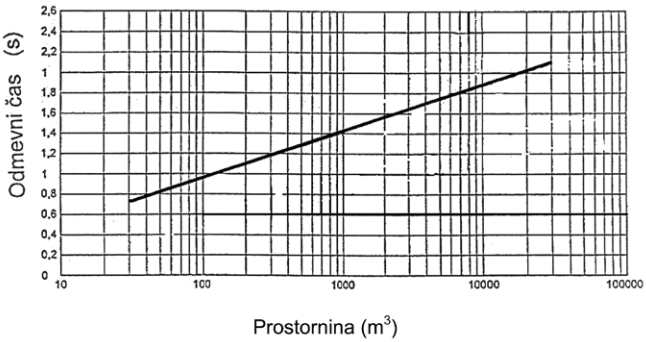


Diagram 3: Optimalni odmevni čas v učilnicah

(5) Tolerančno območje odmevnega časa v učilnicah za glasbeni pouk, v odvisnosti od frekvence, je ponazorjeno v diagramu 4.

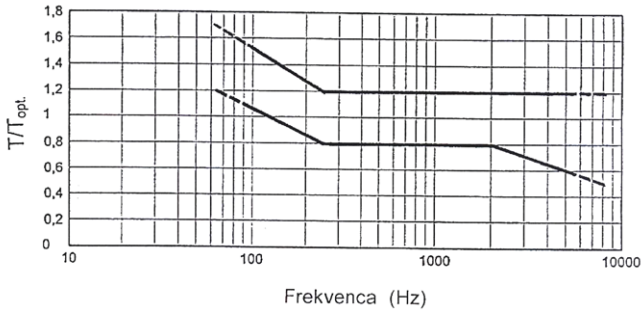


Diagram 4: Tolerančno polje T_{60} v učilnicah za glasbeni pouk

7.3.2
Izobraževalni večnamenski prostori in avle

Optimalna vrednost odmevnega časa v izobraževalnih večnamenskih prostorih in avlah je odvisna od prednostne rabe teh prostorov in je ponazorjena v preglednici 12. Vrednost odmevnega časa za prostore, katerih prostornina v preglednici ni navedena, se določi z interpolacijo na desetinko sekunde natančno.

Preglednica 12

Raba prostora	Optimalni odmevni čas $T_{opt.}$ pri prostornini prostora			
	200 m^3	400 m^3	800 m^3	1600 m^3
Pouk	0,5 s	0,6 s	0,8 s	0,9 s
Govorne prireditve	0,7 s	0,8 s	0,9 s	1,0 s
Glasbene prireditve	1,1 s	1,3 s	1,4 s	1,5 s

7.3.3
Telovadnice, športne dvorane in dvoranska kopališča

(1) Te prostore delimo glede na način njihove uporabe na dve skupini. V prvi skupi so prostori, ki so namenjeni posamični uporabi (pouk samo enega razreda, ena športna skupina). V drugi skupini so prostori, v katerih hkrati poteka pouk več razredov ali je več športnih skupin.

(2) Optimalne vrednosti odmevnega časa $T_{opt.}$ v prostorih skupine 1 in 2 (praznih, brez publike) v odvisnosti od prostornine V so določene z naslednjima enačbama:
- prostori skupine 1 (prostor 1): $T_{opt.}$ = 1,27 . log V – 2,49
- prostori skupine 2 (prostor 2): $T_{opt.}$ = 0.95 . log V – 1,74

(3) Grafično so optimalne vrednosti odmevnega časa ponazorjene z diagramom 5.

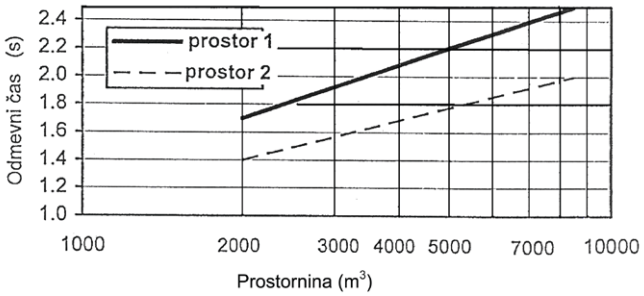


Diagram 5: Optimalne vrednosti T_{60} za telovadnice, športne dvorane in dvoranska kopališča

(4) Optimalne vrednosti odmevnega časa in tolerančna območje odmevnega časa T_{60} za posamezne vrste prostorov so povzeti po standardih DIN 18041 ter Önorm B 8115-3.

8 MERITVE ZVOČNE IZOLACIJE LOČILNIH KONSTRUKCIJ IN RAVNI HRUPA V PROSTORIH STAVB

1) Namen terenskih meritev (v nadaljnjem besedilu meritve) zvočne izolacije in ravni hrupa v prostorih stavb je ugotavljanje skladnosti zgrajenih stavb z zahtevami Pravilnika o zaščiti stavb pred hrupom.

(2) Dejansko dosežena zaščita pred hrupom izhaja iz izpolnjenega izkaza iz točke 9, v delu »Izvedeni ukrepi – Izmerjene vrednosti«, ki temelji na izvedenih meritvah zvočne izolacije ločilnih elementov in ravni hrupa v prostorih stavbe. Pred tem je lahko pripravljeno poročilo o izvedenih meritvah zvočne izolacije ter ravni hrupa (v nadaljnjem besedilu poročilo o meritvah),

(3) Meritve se opravi po postopkih iz točk 8.2, 8.3 in 8.6 . Poročilo o meritvah se izdela v skladu s točko 8.7.

8.1 LOKACIJE IN ŠTEVILO MERITEV ZVOČNE IZOLACIJE

Z meritvami zvočne izolirnosti hrupa v zraku in udarnega hrupa se preveri tiste konstrukcije, ki so bile obravnavane v elaboratu zaščite pred hrupom v stavbah.

8.2 NAČINI IZVAJANJA MERITEV ZVOČNE IZOLACIJE IN DOLOČITEV OVREDNOTENIH VREDNOSTI ZVOČNE IZOLACIJE

(1) Meritve zvočne izolacije se izvajajo skladno s standardi: SIST EN 20140-2; SIST EN ISO 140-4; SIST EN ISO 140-5; SIST EN ISO 140-7; SIST EN ISO 717-1; SIST EN ISO 717-2, SIST EN ISO 3382-1 in SIST EN ISO 3382-2.

(2) Meritve izolirnosti pred zvokom v zraku in udarnim zvokom se izvedejo v terčnih frekvenčnih pasovih, in sicer v frekvenčnem območju od 100 Hz do 3150 Hz. Če dimenzije preskušanih prostorov to dopuščajo, se meritve izolirnosti pred zvokom v zraku izvedejo v razširjenem frekvenčnem območju od 50 Hz do 5000 Hz. Rezultati se podajo kot ovrednotena izolirnost pred zvokom v zraku R'_w ali kot ovrednotena standardna razlika zvočnih ravni $D_{nT,w}$, skupaj s korekcijama za spektralno prilagoditev C in C_{tr}, ter kot ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$ skupaj s korekcijo za spektralno prilagoditev C_I ob upoštevanju standardov SIST EN ISO 717-1 in SIST EN ISO 717-2.

(3) Velikost prostorov, v katerih se izvajajo meritve zvočne izolacije, mora izpolnjevati merila standardov SIST EN ISO 140. Morebitna odstopanja od zahtev omenjenih standardov je treba jasno navesti v poročilu o izvedenih meritvah.

8.3 DODATNE ZAHTEVE, KI MORAJO BITI IZPOLNJENE PRI MERITVAH ZVOČNE IZOLACIJE

(1) Meritve med prostori morajo biti praviloma izvedene v gradbeno dokončanih, a neopremljenih prostorih. Kadar se meritve izvajajo v opremljenih prostorih, je treba upoštevati odmevni čas v prostorih, kjer se meritve opravljajo.

(2) Vrata in okna prostorov, kjer se izvajajo meritve zvočne izolacije, morajo biti med meritvami zaprta.

(3) Pri meritvah zvočne izolacije med različno velikimi prostori se za oddajni prostor izbere večji prostor.

(4) Meritve izolacije pred udarnim zvokom morajo biti izvedene brez uporabe mehkih talnih oblog, razen v primerih, kadar je mehka obloga sestavni del projektirane medetažne konstrukcije. Kadar so mehke obloge nameščene na druge vrste medetažnih konstrukcij, je treba te pred pričetkom meritev odstraniti. Kadar to ni mogoče storiti v celoti, je treba zagotoviti, da je vsaj polovica površine medetažne površine izpostavljena delovanju standardnemu viru udarnega zvoka, pri čemer se ta namesti na izpostavljeni del tal.

(5) Pri kopalnicah se za oceno izolacije pred udarnim zvokom upošteva ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$, ki ga standardni vir udarnega zvoka proizvaja na tleh kopalnice, izmerjena v bivalnem prostoru pod kopalnico. Če pod to kopalnico ni varovanega ali poslovnega prostora, se raven udarnega zvoka izmeri v najbližjem varovanem ali poslovnem prostoru v isti etaži ali etaži nižje.

(6) Pri medetažni konstrukciji med stanovanjem in nevarovanimi ali poslovnimi prostori pod njim (preglednica 4, št. 4.16) se za oceno upošteva ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$, ki ga standardni vir udarnega zvoka proizvaja na tleh stanovanja, ki je nad nevarovanimi ali poslovnimi prostori, izmerjena v najbližjem varovanem prostoru sosednjega stanovanja v isti etaži. Za oceno izolacije pred udarnim zvokom podne konstrukcije manj hrupne strojnice ali nestanovanjskega dela stavbe, ki je poleg stanovanja ali pod njim (preglednica 4, št. 4.28) se upošteva ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$, ki ga standardni vir udarnega zvoka proizvaja na tleh strojnice ali nestanovanjskega dela stavbe, izmerjena v varovanem prostoru stanovanja, ki je poleg ali nad strojnico ali nestanovanjskim delom stavbe. Za oceno izolacije medetažnih konstrukcij pred udarnim zvokom v vrstnih hišah (preglednica 4, št. 4.30) se upošteva ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$, ki ga standardni vir udarnega zvoka proizvaja na preiskovani medetažni konstrukciji, izmerjena v najbližjem varovanem prostoru sosednje vrstne hiše.

(7) Za oceno izolacije stopnišča, hodnika ali podesta pred udarnim zvokom se upošteva ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$, ki ga standardni vir udarnega zvoka proizvaja na tleh hodnika, na stopnicah ali na podestu, izmerjena v najbližjem varovanem ali poslovnem prostoru v isti etaži ali etaži nižje. Pri stopniščih, podestih ali hodnikih v vrstnih hišah (preglednica 4, št. 4.31) se za oceno izolirnosti pred udarnim zvokom upošteva ovrednotena normirana raven zvočnega tlaka udarnega zvoka $L'_{n,w}$, ki ga standardni vir udarnega zvoka proizvaja na stopnišču, podestu ali tleh hodnika vrstne hiše, izmerjena v najbližjem varovanem prostoru sosednje vrstne hiše.

8.4 OCENJEVANJE UGOTOVLJENE ZVOČNE IZOLIRNOSTI

Če rezultati posamične meritve zvočne izolirnosti ne dosegajo predpisanih vrednosti, se zvočna zaščita stavbe oceni kot neustrezna. V takšnem primeru je treba izvesti dodatne tri meritve za preiskovani sklop gradbenih elementov za vsak z meritvami pridobljeni negativni rezultat.

8.5 MERJENJE HRUPA V STAVBI

8.5.1
Merjenje hrupa obratovalne opreme in hrupa iz prostorov druge namembnosti

(1) Hrup obratovalne opreme in hrup iz prostorov druge namembnosti v stavbi se meri v varovanih in poslovnih prostorih, ki mejijo na navedene hrupne prostore ali tistih, ki so zaradi tega hrupa najbolj ogroženi. Izmeri se hrup vsakega vira posebej, pri čemer se izključijo vsi drugi viri hrupa.

(2) Hrup se meri pri zaprtih vratih in oknih. Izmeri se maksimalno raven hrupa $L_{AF,max}$ v prostoru na treh do petih točkah. Čas merjenja hrupa na vsaki točki je treba izbrati tako, da so zajete vse značilnosti hrupa. Pri merjenjih v prostorih s prostornino manj kakor 100 m^3 je treba meriti vsaj na treh točkah. Če maksimalna razlika izmerjenih ravni na teh točkah presega 5 dB(A) ali če je prostornina večja kakor 100 m^3, je treba izmeriti hrup na petih točkah. Merilne točke naj ne bodo na simetralah prostora. Merilni mikrofon naj bo na višini 1,2 m in 1,6 m od tal. Če se osebe zadržujejo na značilnih lokacijah, naj bodo merilne točke na teh delih prostora.

(3) Kot merodajna vrednost se upošteva povprečna raven izmerjenih maksimalnih vrednosti $L_{AF,max}$ po enačbi:

$$L_{AF,\max} = 10.\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} 10^{0,1L_{AF,\max}}\right)$$

pri čemer je $L_{AF,max}$ maksimalna raven hrupa na i-ti točki od skupaj n (od 3 do 5). Če hrup vsebuje poudarjene tone, se prišteje še 5 dB(A).

(4) Mejne vrednosti ravni hrupa v preglednici 3 točke 1 te tehnične smernice se nanašajo na opremljene prostore. Zato je treba raven hrupa, izmerjeno v neopremljenem prostoru, popraviti tako, da se ji prišteje korekcijski člen 10.log (A/A_0), kjer sta A ekvivalentna absorpcijska površina v neopremljenem bivalnem prostoru pri frekvenci zvoka 500 Hz in A_0 referenčna ekvivalentna absorpcijska površina, ki znaša za bivalne in delovne prostore 10 m^2 in za učilnice 20 m^2.

(5) Ekvivalentna absorpcijska površina A v neopremljenem prostoru se določi z merjenjem dolžine odmevnega časa v terčnem frekvenčnem pasu s srednjo frekvenco 500 Hz in z enačbo :

$$A = \frac{0{,}163.V}{T}$$

pri čemer je V prostornina prostora in T dolžina odmevnega časa v neopremljenem prostoru. Dolžina odmevnega časa se meri po standardu SIST EN ISO 3382-2.

8.5.2
Merjenje hrupa, ki ga povzročajo viri zunaj stavbe

(1) Hrup, ki ga povzročajo viri hrupa zunaj stavbe in katerih raven ni stalna, se meri v tistih varovanih in poslovnih prostorih, ki so hrupu teh virov najbolj izpostavljeni. Hrup se meri pri zaprtih vratih in oknih v sredini prostora od 1,2 m do 1,6 m od tal.

(2) Ekvivalentna raven hrupa L_{eq} v varovanem in poslovnem prostoru se izmeri v času, ko se prostor najpogosteje uporablja. Ob času merjenja morajo biti izključeni vsi viri hrupa v notranjosti stavbe. Če hrup vsebuje poudarjene tone, se izmerjeni ravni hrupa prišteje še 5 dB(A).

(3) Mejne vrednosti ekvivalentnih ravni hrupa, navedene v preglednici 2, veljajo za opremljene prostore. Zato je treba raven hrupa, izmerjeno v neopremljenem prostoru, popraviti tako, da se ji prišteje korekcijski člen 10.log (A/A_0), kjer je A ekvivalentna absorpcijska površina v neopremljenem prostoru pri frekvenci zvoka 500 Hz in A_0 referenčna ekvivalentna absorpcijska površina. Referenčna ekvivalentna absorpcijska površina A_0 znaša za varovane in poslovne prostore 10 m^2, za učilnice in podobne prostore pa 20 m^2. Ekvivalentna absorpcijska površina A v neopremljenem prostoru se določi z merjenjem dolžine odmevnega časa v terčnem frekvenčnem pasu s srednjo frekvenco 500 Hz in z enačbo :

$$A = \frac{0{,}163.V}{T}$$

pri čemer je V prostornina prostora in T dolžina odmevnega časa v neopremljenem bivalnem prostoru. Dolžina odmevnega časa se meri po standardu SIST EN ISO 3382-2.

8.6 POROČILO O IZVEDENIH MERITVAH ZVOČNE IZOLACIJE IN RAVNI HRUPA

Vsebina poročila o opravljenih meritvah zvočne[3] izolacije mora vsebovati najmanj naslednje podatke :

- naslov stavbe;
- namembnost stavbe (po klasifikaciji CC-SI, za vsako namembnost posebej);
- datum opravljanja meritev;
- naslov osebe in podjetja, ki je meritve opravil, in sicer: ime in naslov, podatke o pridobljeni akreditaciji, ime osebe, ki je opravljala meritve;
- podatki o uporabljeni merilni opremi, in sicer:
  - identifikacijske številke, datum kalibracije in njena veljavnost;
- podatki o preiskovanih gradbenih elementih, in sicer podatki o prostorih in ločilnih konstrukcijah;
- podatki o rezultatih meritev izolacije pred zvokom v zraku in pred udarnim zvokom, in sicer:
  - rezultati v obliki preglednic,
  - grafov,
  - ovrednotenih enoštevilčnih rezultatov zvočne izolacije s popravki spektralne prilagoditve;
- podatki o preiskovanem viru hrupa in lokaciji meritev in
- ocena meritev (ustrezno, neustrezno).

[3] Poročilo se lahko dopolni s podatki ob sklicevanju na standarde serije SIST EN ISO 140 in SIST EN ISO 717

9 IZKAZ O ZAŠČITI PRED HRUPOM

Podatki o stavbi

Naziv stavbe:
Lokacija stavbe:
Investitor:
Odgovorni vodja projekta:
Izdelovalec elaborata:
Datum izdelave projektne dokumentacije:
Elaborat izdelan (ustrezno obkroži): a) po smernici
b) po zadnjem stanju tehnike

Zaščita pred hrupom v okolju

Izračun, izveden na podlagi (ustrezno obkroži):
a) mejnih ravni hrupa v okolju (preglednica 1 v tehnični smernici)
b) izmerjenih ali izračunanih ravni hrupa v okolju
Merodajni kazalci hrupa v okolju, uporabljeni v izračunu zvočne izolirnosti ovoja stavbe :

Zvočna izolacija ovoja stavbe

				Načrtovani ukrepi	**Izvedeni ukrepi**	
Ločilni element ali prostor		**Projektne vrednosti**		**Izračunane vrednosti**	**Izmerjene vrednosti**	
Oznaka/ pozicija	Element ali sklop elementov	Oznaka veličine (enota)				Ustreza (da/ne)
ZUNANJI POKONČNI LOČILNI ELEMENTI						
ZUNANJI VODORAVNI LOČILNI ELEMENTI						

Zaščita pred hrupom v stavbi

Zvočna izolacija notranjih ločilnih elementov

				Načrtovani ukrepi	Izvedeni ukrepi	
Ločilni element ali prostor		Projektne vrednosti		Izračunane vrednosti	Izmerjene vrednosti	
Oznaka/ pozicija	Element ali sklop elementov	Oznaka veličine (enota)				Ustreza (da/ne)
NOTRANJI POKONČNI LOČILNI ELEMENTI (stene, stene z vrati ipd.)						
NOTRANJI VODORAVNI LOČILNI ELEMENTI (medetažne konstrukcije, podesti, stopnice)						

Odmevni hrup

			Načrtovani ukrepi	Izvedeni ukrepi	
		Projektne vrednosti	Izračunane vrednosti	Izmerjene vrednosti	
Oznaka/ pozicija	Prostor	Oznaka veličine (enota)			Ustreza (da/ne)

Hrup obratovalne opreme

OBRATOVALNA OPREMA

				Načrtovani ukrepi	**Izvedeni ukrepi**	
		Projektne vrednosti		**Izračunane vrednosti**	**Izmerjene vrednosti**	
Oznaka/ pozicija	Prostor	Oznaka veličine (enota)				Ustreza (da/ne)

(ustrezno izpusti ali dodaj vrstice)

Opombe

(izdelovalca izkaza in merilca)

Podpis izdelovalca elaborata:

Podpis pooblaščenca akreditirane (pravne ali fizične) osebe:

Datum opravljanja meritev:

Podpis osebe, ki je opravljala meritve:

Podpis odgovornega nadzornika: