

Zvučna izolacija zgrada

Uremović, Paulina

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:706627>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-10-26**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB

ZAVRŠNI RAD

Paulina Uremović

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB

Smjer: Građevinarstvo

ZAVRŠNI RAD
ZVUČNA IZOLACIJA ZGRADA

Mentor:

Izv. prof. art. dr. sc., Silvio Bašić

Student:

Paulina Uremović

Zagreb, 2023.



TEMA ZAVRŠNOG ISPITA

Ime i prezime studenta: **Paulina Uremović**

JMBAG: **0082063872**

Završni ispit iz predmeta: **Visokogradnje**

Naslov teme
završnog ispita:

HR	Zvučna izolacija zgrada
ENG	Sound insulation of buildings

Opis teme završnog ispita:

Komfor boravka u zgradama među ostalim čimbenicima zavisi i o akustičnom komforu zgrade, što je naročito osjetljivo pitanje kod stambenih zgrada i radnih prostora namijenjenih intelektualnom radu gdje su razine dopuštene buke propisane.

Tema ovog rade je istražiti postojeće standarde dopuštenih razina buke te materijale kojima se utječe na prijenos buke između prostora i refleksiju buke unutar prostora. Teoretske postavke istraživanja dodatno se prezentiraju kroz analizu primjera.

Datum: **14.04.2023.**

Komentor:

(Ime i prezime komentora)

Mentor: **izv.prof.art.dr.sc. Silvio Bašić**

(Ime i prezime mentora)

(Potpis mentora)

SAŽETAK:

Veliku ulogu u povišenju standarda života, na kojem suvremeno društvo neumorno radi, ima zaštita od buke. Sposobnost zaštite od buke u neposrednoj je korelaciji s razvojem zvučne izolacije i akustike prostorija. Ovaj završni rad je sinteza teorijskih postavki dobivenih na temelju istraživanja i primjera iz praktične domene. Teorijski dio započinje uvidom u negativni utjecaj buke na čovjeka i mjerama zaštite koje je danas neophodno poduzeti. Za daljnje razumijevanje rada definiran je zvuk i opisano njegovo kretanje. Konkretizacija rada kreće uključivanjem materijala i elemenata koji realiziraju tvrdnje iz prethodnih potpoglavlja. Rad se zaključuje navođenjem propisanih normi, čiju nužnost potkrepljuju praktični primjeri.

Ključne riječi: buka, zvučna izolacija, akustika, dopuštena razina buke

ABSTRACT:

Noise protection plays a big role in raising the standard of living, which modern society works tirelessly on. The ability to protect against noise is in direct correlation with the development of sound insulation and room acoustics. This final paper is a synthesis of theoretical assumptions obtained on the basis of research and examples from the practical domain. The theoretical part begins with an insight into the negative impact of noise on humans and the protective measures that must be taken today. For further understanding of the final paper, sound is defined and its movement described. The concretization of the paper begins with the inclusion of materials and elements that realize the claims from the previous subsections. The paper concludes by stating the prescribed norms, the necessity of which is supported by practical examples.

Keywords: noise, sound insulation, acoustics, permissible noise level

SADRŽAJ

1. UVOD

2. ZVUČNA IZOLACIJA ZGRADA

2.1. Zaštita od buke

2.2. Kretanje zvuka u zgradama

2.3. Zvučno izolacijski građevni dijelovi i elementi

3. DOPUŠTENE RAZINE BUKE

4. ANALIZA PRIMJERA MOGUĆIH RJEŠENJA

5. ZAKLJUČCI

6. LITERATURA

7. PRILOZI

1. UVOD

Zvuk se objektivno promatra kao energija, a subjektivno kao slušni osjet. Neželjeni zvuk se naziva buka i smatra se zagađenjem.

Buka se kroz različita sredstva kreće na različite načine. Postoje razne barijere koje služe za zaštitu od buke na otvorenom prostoru. Shodno tome, kada je izvor buke izvan prostora u kojem ljudi borave, težište je na zvučnoj izolaciji tih prostorija. Budući da se u sklopu akustike u zgradarstvu razmatraju akustika prostorija i zaštita od buke, smatra se da se ona temelji na zvuku kao svemu onom što ljudsko uho može čuti.

Promjena generacija usko je vezana uz modifikaciju ljudskih psiho-fizičkih potreba, na koje ponajviše utječu galopirajuća mehanizacija u industriji i transportu te sve veća koncentracija stanovništva u uredima i stambenim blokovima. U ovom slučaju se te potrebe odnose na ovisnost kvalitete intelektualnog rada i udobnost svakodnevnog života. Proporcionalno s evolucijom ljudskih potreba mijenjaju se i propisi.

Ovaj završni rad se bavi praktičnom problematikom zvučne izolacije u zgradarstvu. Kao osnova rješenja spomenute problematike ističe se specificiranje materijala i metoda izvedbe koji utječu na zvučno izolacijsku i akustičku sposobnost prostorija. Posebno su prikazani i opisani razlozi navedenih tehnika, pravila njihove izvedbe i rješenja iz prakse.

2. ZVUČNA IZOLACIJA ZGRADA

2.1 Zaštita od buke

Fizikalno se zvuk i buka ne razlikuju. Prethodno je navedeno da je buka nepoželjan ili po ljudsko zdravlje i okoliš štetan zvuk. Utječe na radni kapacitet, san, mišićnu napetost i krvni tlak. Iako medicinska istraživanja vezana uz navedene posljedice izloženosti buci ukazuju na određeni stupanj općeg djelovanja na populaciju, buka se i dalje smatra subjektivnom smetnjom. Je li ona prihvatljiva ili ne ovisi o više faktora, a ponajviše o namjeni i lokaciji prostora na kojoj se pojavljuje.

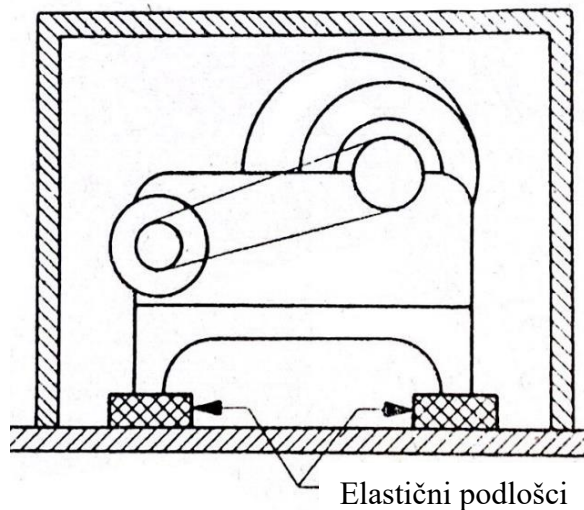
Djelovanje buke na čovjeka:

- 1) do 60 dB(A) – psihološko djelovanje (pad koncentracije i pažnje, povećanje razdražljivosti);
- 2) od 60 dB(A) do 85 dB(A) – jako psihološko djelovanje i fiziološki efekti (porast krvnog tlaka, broja otkucaja i promjena ritma disanja);
- 3) preko 85 dB(A) – sve navedeno uz oštećenje sluha. [1]

Po vrsti, buka se dijeli na onu koja nastaje u prostoru u kojem smeta, zračnu buku izvana ili iz susjedne prostorije i na vibracijsku buku koja se prenosi preko građevinskih konstrukcija. Najpoznatiji izvori buke su promet, građevinski i javni radovi, industrija, servisni i kućanski uređaji, rekreacija, zabava, sport i buka iz susjedstva. [1]

„Mjerama zaštite od buke mora se spriječiti nastajanje emisije prekomjerne buke, odnosno smanjiti postojeća buka na dopuštene razine.“ (NN 30/09)

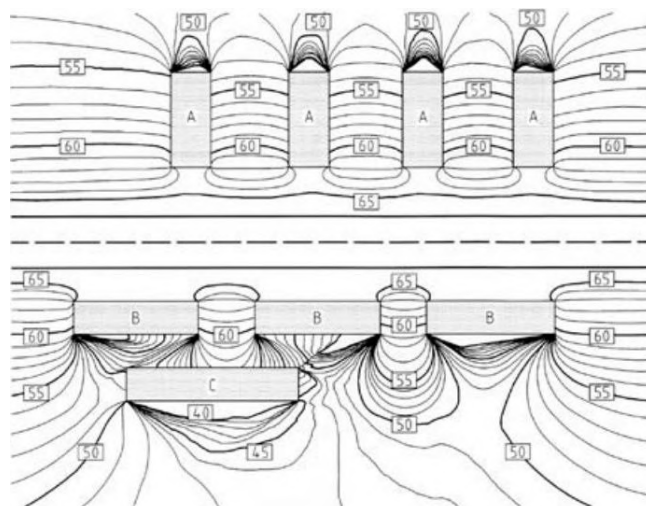
Kako bi se zgrada osigurala od buke, potrebno je implementirati sustave zaštite od zračne i udarne buke, buke od ugrađene opreme, buke povećane odječnosti, vanjske buke, ali i zaštitu okoliša od buke koja se širi iz zgrade i ometa ljude u boravišnim prostorijama spomenute i susjednih zgrada. Pod vanjskom bukom se podrazumijeva promet i industrija, a pod ugrađenom opremom aparatura za dovod i odvod vode, uređaji za ventilaciju, klimatizaciju i zagrijavanje, dizala, itd. Pravilna izvedba i ugradnja opreme prigušuju buku. To uključuje pregrađivanje izvora buke i stavljanje istog na elastičnu podlogu. (Slika 1.) [1]



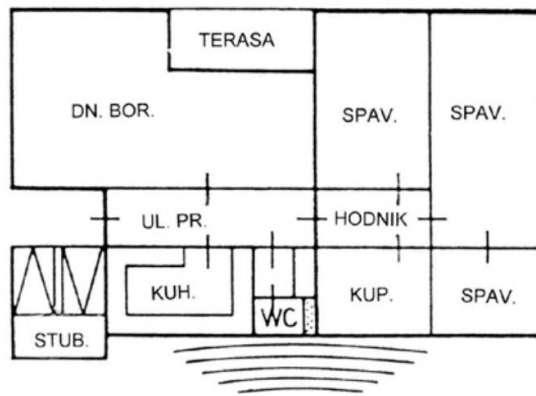
Slika 1. Pregrađivanje i stavljanje izvora buke na elastičnu podlogu

Cilj prostorne akustike je u zatvorenom prostoru stvoriti uvjete za dobro slušanje. Uvjeti za dobro slušanje su da u prostoriji ne smije biti buke, jeke, previše odjeka i neželjenih rezonancija te da zvuk mora biti jednako glasan na svim mjestima. Problem prekomjerne odječnosti, koji imaju prostorije poput hodnika i predavaona, rješava se zvučno-apsorbirajućim oblogama. Zaključno, buku čiji je uzrok u istoj prostoriji smanjujemo apsorpcijskim materijalima. [2]

Zaštitu od buke je moguće provesti povoljnim urbanističkim planiranjem (Slika 2.) i arhitektonskim projektiranjem (Slika 3.).



Slika 2. Primjer utjecaja položaja zgrada na širenje buke u prostoru



POVOLJAN RASPORED PROSTORA OBZIROM NA ULIČNU BUKU

Slika 3. Primjer utjecaja tlocrtnih rješenja na buku iz susjednih prostora

Barijere su najčešći i najpouzdaniji način za zaštitu od buke. Razlikujemo ih po obliku, materijalu i akustičnim svojstvima. Među barijerama prednjače zidovi i nasipi.

2.2 Kretanje zvuka u zgradama

Zvučna izolacija je sposobnost neke pregrade da djelomično spriječi širenje zvuka kroz nju. Bitno je istaknuti osnovnu podjelu:

- 1) Zračna zvučna izolacija pregrade – smanjenje prijenosa zvuka koji nastaje kada se izvor buke nalazi u prvoj prostoriji u zraku, bez doticaja sa zidovima, stropom ili podom;
- 2) Udarne zvučne izolacije pregrade – kada se izvor zvuka nalazi u doticaju s međukatnim i/ili vertikalnim konstrukcijama kroz koje se vibracijama prenosi mehanički poremećaj u drugu prostoriju. [2]

Zračni zvuk se stvara promjenama zračnog tlaka, a giba se valno. Titraji nekog tijela proizvode zvučne valove koji se šire uzrokujući pad zračnog tlaka i intenziteta zvuka. [3]

Kada se zvučni val giba u zatvorenom objektu, neizbježno će se susresti s pregradnim konstrukcijama. Zvučna energija dovodi pregradu u stanje titranja i pomoću toga se djelomično prenosi i zrači s jedne na drugu stranu pregrade, odnosno u drugu prostoriju. Navedeni prijenos se ostvaruje svim pregradnim konstrukcijama, a titranje pregrada prenosi se na ostale građevne elemente izazivajući tako titranje zraka. Drugim riječima, ostvaruje se prijenos zvuka u ostale prostorije objekta. [4]

Pri udaru zvučnih valova o pregradu, zvučna energija se raspodjeljuje:

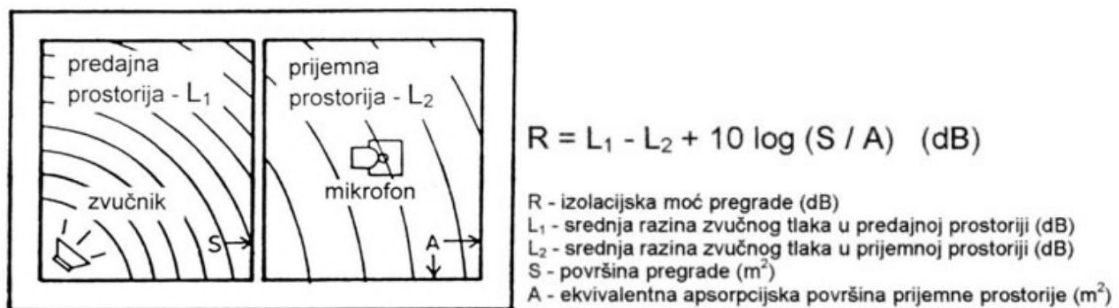
- 1) u energiju zvučnog vala reflektiranog od pregrade;
- 2) u energiju vibracija pregrade;
- 3) u energiju prenesenu kroz moguće zračne prolaze;
- 4) u energiju transformiranu u toplinu zbog poroznosti lica pregrade. [4]

Energija vibracije pregrade se dijeli na energiju zvučnog vala emitiranog natrag u predajnu prostoriju, energiju zvučnog vala emitiranu u susjednu prostoriju, energiju vibracija putujućih kroz konstrukciju pregrade, energiju pretvorenu u toplinu kao posljedicu gubitka vibracija na pregradi. Količina energije zvučnog vala emitiranog natrag u predajnu prostoriju ovisi o amplitudi vibracija pregrade, a sama amplituda ovisi o energiji koja udara u pregradu, o vrsti i načinu izvedbe i o fizikalnim svojstvima pregrade. Detaljnija podjela i analiza pregrada provodi se u potpoglavlju 2.3. [4]

Stupanj zvučne izolacije je karakteriziran razlikom razine srednjeg zvučnog tlaka u predajnoj prostoriji (L_1) i razine srednjeg zvučnog tlaka u prijamnoj prostoriji (L_2). [1]

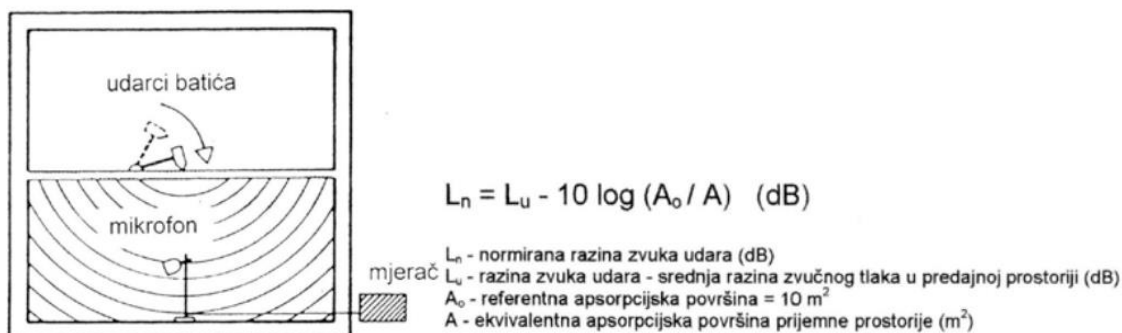
$$D = L_1 - L_2 \text{ [dB]}$$

Za izražavanje zračne zvučne izolacije, najvažnije vrednovane veličine u dB su indeks zvučne izolacije ili izolacijska moć pregrade (R_w), normalizirana razlika razina ($D_{n,w}$) i standardna razlika razina ($D_{n,T,w}$). [7]



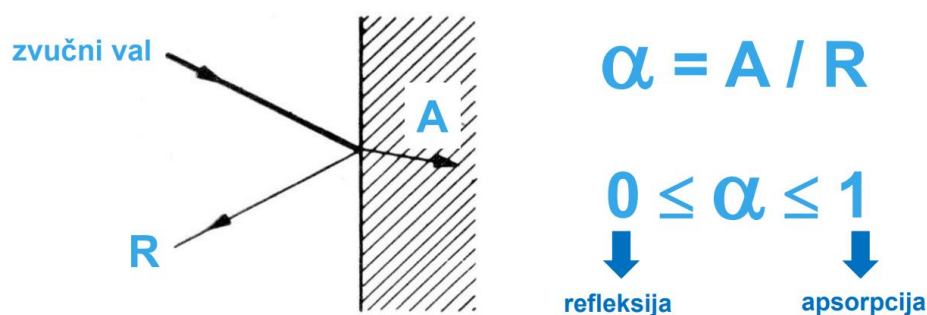
Slika 4. Ispitivanje zračne zvučne izolacije

U slučaju udarca nekog tijela na površinu konstrukcije, kada energija stigne do donje površine međukatne konstrukcije, dio iste se djelomično reflektira, a ostatak postaje energija zvučnih valova u donjoj prostoriji. Za izolaciju udarnog zvuka najvažnije vrednovane veličine u dB su normalizirana razina udarnog zvuka (L_n) i standardna razina udarnog zvuka ($L_{n,T,w}$). [1]



Slika 5. Ispitivanje udarne zvučne izolacije

„Sposobnost apsorpcije nekog materijala karakterizira se koeficijentom apsorpcije α , koji je jednak odnosu apsorbirane snage i ukupne snage upadnog vala.“ [1] (Slika 6.) Vrijednost koeficijenta apsorpcije ovisi o frekvenciji zvuka i kutu njegovog upada na površinu. [1]



Slika 6. Apsorpcija i refleksija

2.3 Zvučno izolacijski građevni dijelovi i elementi

Zvučna izolacija se pojavljuje kao osnovna u nizu funkcija koje pregrada mora ispuniti. S jedne strane su zahtjevi u odnosu na zvučnu izolaciju zgrada određeni namjenom prostorije, dok su s druge strane usklađeni s primijenjenim konstruktivnim sustavima i tehnologijom gradnje. Njezina uloga kao elementa sekundarne strukture je imati što manju težinu i debljinu, uz osiguranu stabilnost i mehaničku otpornost. Danas je to, uz nove materijale i tehnologije građenja, izvedivo. [4]

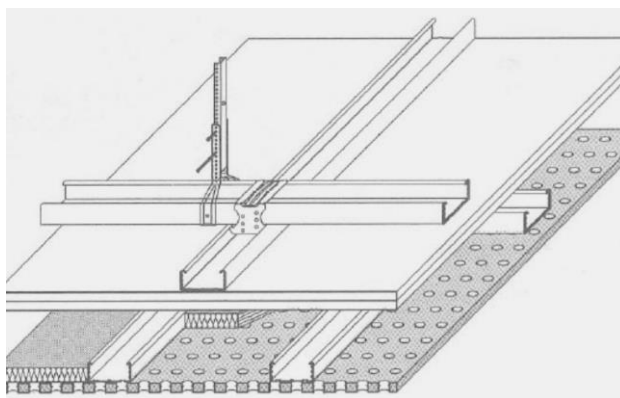
Ako materijal ima koeficijent apsorpcije α veći od 0.3 naziva se apsorpcijskim materijalom. (Tablica 1.) Porozni materijali su materijali s mnogo otvorenih, međusobno povezanih šupljina i pora ispunjenih zrakom. Takvi materijali su npr. ploče kamene i staklene mineralne vune, ploče od drvene mineralizirane strugotine (drvolut) (Slika 7.) i slično. Kada zvučni val udari površinu poroznog materijala, samo se manji dio vala reflektira, a veći dio prodire u materijal. Ako je porozni materijal smješten uz tvrdu stijenu, manji dio vala se reflektira i oslabljen vraća u prostoriju. Navedeno svojstvo je jako bitno u slučaju pojave prevelike jake. [1]



Slika 7. Drvolut

Membranski apsorberi su također apsorbirajući materijali. To su tanke, savitljive obloge od drva, ljepenke, kože ili guste nepropusne tkanine postavljene u okvir ispred pregrade. Pri pojavi zvuka, membrana titra i tako slabi energiju zvuka. Koeficijent apsorpcije membranskom apsorberu se može povećati ako se iza njega ugradi porozni materijal. [1]

Rezonatorski apsorberi (Helmholtzovi) (Slika 8.) pomicanjem zraka na otvorima dio zvuka pretvaraju u toplinu, uz pomoć trenja. Najčešće su napravljeni od perforiranih ploča od drva, metala, gipsa, itd. Postavljaju se na određenoj udaljenosti od pregrada tako da zatvoreni zrak i otvori među pločama čine rezonantni sustav. Ako se dodatno umetne sloj poroznog materijala povećava se apsorpcija – kompozitni apsorberi. [1]



Slika 8. Stropni panelni rezonancijski apsorber

Tablica 1. Koeficijenti apsorpcije materijala

R.br.	Materijal	Koeficijent apsorpcije zvuka α_s za središnje frekvencije (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
1	mramor, kamene pločice	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03
2	beton (neožbukani), gips obloga	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
3	vidljivi beton - grub	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,07
4	vidljivi beton - gladak	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,05
5	vapneno-cementna žbuka	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05	0,05
6	zaglađena žbuka	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,06
7	zid od opeke - neožbukani	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06
8	brušena daska - grubo	0,10	0,22	0,52	0,49	0,50	0,73
9	brušena daska - glatka	0,07	0,14	0,24	0,17	0,18	0,21
10	plinobetonski elementi - neožbukani	0,12	0,13	0,14	0,15	0,23	0,34
11	gipskartonske ploče – pune d=12,5 mm na stropu (odmak a=60 mm)	0,25	0,12	0,07	0,05	0,05	0,05
12	gipskartonske ploče – perforirane 6/18 na stropu (odmak a=50 mm) s akustik filcom	0,59	0,84	0,80	0,72	0,51	0,29
13	akustik žbuka	0,05	0,15	0,40	0,55	0,61	0,68
14	drveni parket – zaljepljen na podlogu	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,10

Kod zračnog zvuka osnovni zahtjevi za mogućnost smanjenja i ograničenja prijenosa iz jedne prostorije u drugu su homogenost i nepropusnost materijala pregrade. Problem zvučne izolacije se ne rješava sposobnošću apsorpcije zvučne energije unutar pregrade, već redukcijom vibracija dijafragme pregrade. [4]

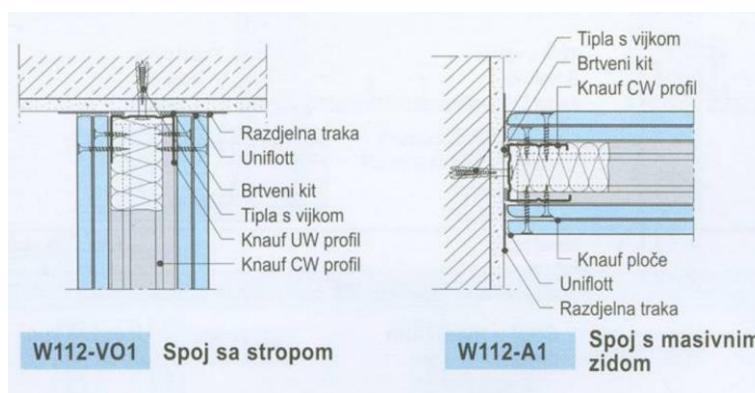
„Akustički jednostruki građevinski elementi obično su izvedeni od jednog (beton, opeka, drvo) ili više materijala sličnih akustičkih osobina (ožbukane pregrade od betona ili opeke).“ [1]

Izolacijska vrijednost jednostruke pregrade većinski je određena masom i njihov je odnos proporcionalan. Međutim, posezanje za velikim dimenzijama je neekonomično. U praksi, prosječne zahtijevane vrijednosti zvučnog gušenja pregrade su oko 50 dB, za što je potrebna masa veća od 300 kg/m² zgrade. Izvedba takvih konstrukcija se suprotstavlja principima suvremene prakse, koja teži brzom i jeftinom gradnji laganih konstrukcija. [4]

Dvostruke pregrade se sastoje od dva dijela odvojena apsorberajućim materijalom ili zrakom. To su lagani pregradni zidovi, od gipsanih ploča i mineralne vune kao ispune šupljine, koji čine najučinkovitije i najjeftinije pregradne zidove

između susjednih prostora. Opisane su sustavom "masa – opruga – masa" jer imaju dvije mase (lica) i zračni prostor (ispunu-oprugu) između njih. Kada je zračni prostor između dvije pregrade ispunjen laganim poroznim izolacijskim materijalom, primjerice staklenom vunom, zvučna izolacija znatno je poboljšana. Povećanje razmaka pregrada dovodi do poboljšavanja zvučno izolacijskih svojstava. [5]

„Na potkonstrukciju se najčešće ugrađuje obloga od laganih savitljivih ploča, a fuge međusobno zapunjavaju specijalnom masom, prema preporuci proizvođača suhomontažnog sustava, preko spojnih mrežica ili traka i obrađuju kako bi se dobila jednolična, zrakonepropusna površina pripremljena za ličenje. Obloge mogu biti i drvene, od masivnih letvica ili nekih ukočenih ploča s dekorativnom oblogom, što ovisi o tome kakav se ugođaj želi postići u interijeru. Prema potrebi, ploče mogu biti perforirane, čime se postiže bolji akustični komfor.“ [6]



Slika 9. Primjer izvedbe lagane dvostruke pregrade s metalnom potkonstrukcijom

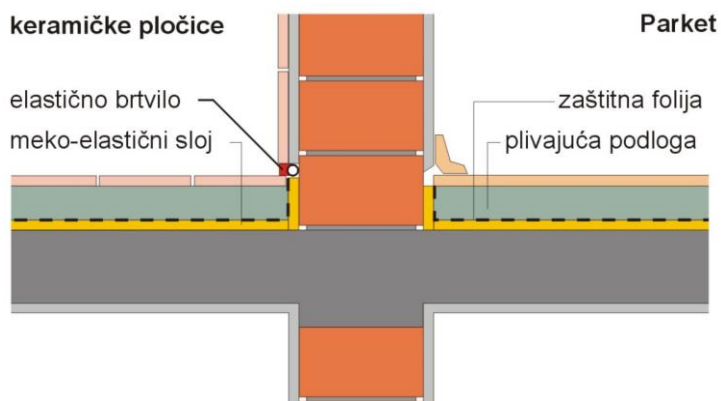
Spriječiti ili ograničiti udarni zvuk je moguće promjenom okolnosti na početku širenja udarca i izvedbom prekida ili prepreka na putu širenja vala. Zadovoljavajuće vrijednosti izolacije udarnog zvuka se postižu izvedbom mekog završnog sloja poda, plivajućeg poda i spuštenog stropa. Uz plivajući pod i/ili spuštenu strop nastaju dvostruke pregrade međukatne konstrukcije, a bez njih jednostruke. [7]

Mekani završni sloj poda (neke vrste tepiha, sintetički podovi sa slojem spužvaste gume ili slično) smanjuje razinu buke u prijemnoj prostoriji tako da apsorbira dio energije udara. [7]

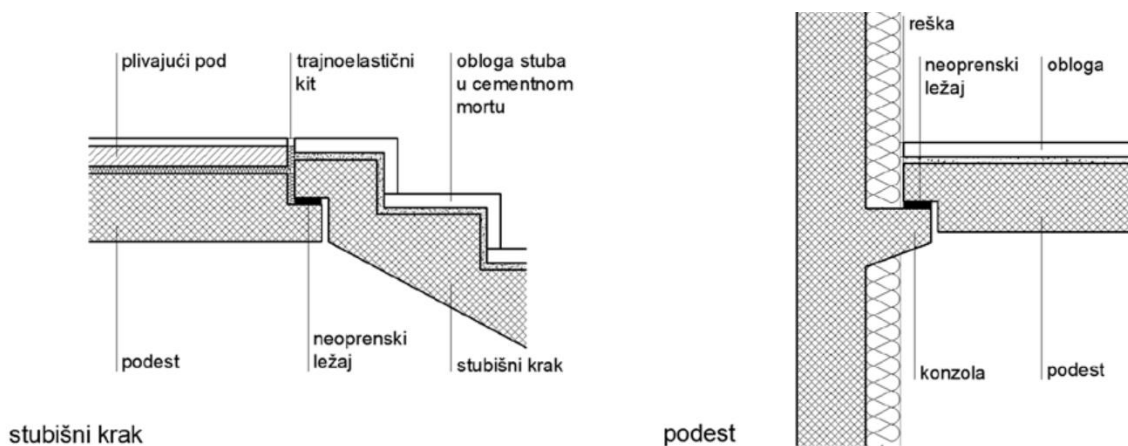
Tablica 2. Vrijednosti smanjenja razine udarnog zvuka izvedbom poda

SMANJENJE RAZINE UDARNOG ZVUKA $\Delta L_{w,R}$ IZVEDBOM PODA	
Vrsta poda	$\Delta L_{w,R}$
Podne obloge bez donjeg mekoelastičnog sloja	0 – 5
Trake ili ploče s donjim mekoelastičnim slojem (pust, pluto, sintetske elastične pjene)	13 – 18
Tkane prevlake	17 – 22
Sagovi, tepisi	22 – 30
Plivajući podovi na mekoelastičnom sloju od prešane mineralne vune, ploča od kokosovih vlakana i sl.	25 – 35

„Plivajući pod se sastoji od krutog podnog sloja (betonske podloge) koja „pliva“ na mekanom elastičnom sloju.“ [7] (Slika 10.)



Slika 10. Plivajući pod



Slika 11. Izolacija od udarnog zvuka stubišta

Kod spuštenog stropa dio zvučne energije prolazi i bočnim vertikalnim pregradama u donju prostoriju. Da bi dobili što bolju izolaciju zvuka, spuštenu strop mora biti nepropustan na zrak i male krutosti. Ugradnja apsorberajućeg materijala (npr. mineralna vuna) poboljšava izolaciju. Ovješeno kojim je spuštenu strop pričvršćen na međukatnu konstrukciju također mora biti što elastičnije. Kako ovješeni podgled djeluje na izolaciju zvuka navedeno je u tablici ispod. [7]

Tablica 3. Ekvivalentna procijenjena normirana razina udarnog zvuka L_w masivnih stropnih ploča bez/s ovješnim podgledom

Plošna masa masivne ploče bez podne konstrukcije (kg/m^2)	$L_w (\Delta L_{w,R})$	
	(dB)	
	bez izvedenog podgleda	sa ovješnim podgledom
135	86 (-23)	75 (-12)
160	85 (-22)	74 (-11)
190	84 (-21)	74 (-11)
225	82 (-19)	73 (-10)
270	79 (-16)	73 (-10)
320	77 (-14)	72 (-9)
380	74 (-11)	71 (-8)
450	71 (-8)	69 (-6)
530	69 (-6)	67 (-4)

Za zahtjevani $L_w = 63$ dB

Zvučna izolacija prozora i dodatnih elemenata se dijeli na zvučnu izolaciju ostakljenja, doprozornika i okvira, spojeva i preklopa, uređaja te kutije za rolete. Ovisi o vrsti stakla, njegovoj debljini, veličini i razmaku staklenih ploča (ako ima više slojeva), upetosti stakla u okvir vrata, ali i o kutu upada zvučnih valova na površinu stakla. Doprozornici se izrađuju od raznih materijala kao što su drvo, PVC ili metal. [1]

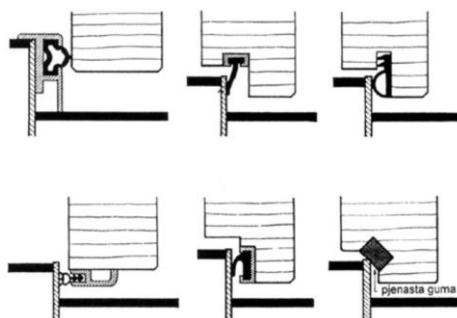
Kako staklo čini više od 80% površine prozora, većinom je cilj poboljšati akustična svojstva stakla. Najbolja opcija je kombinacija različitih metoda i uporaba novih materijala. Danas postoje prozorski sustavi koji smanjuju zvuk za 44–48 dB. (Tablica 4.)

Tablica 4. Zvučna izolacija jednostrukog i IZO stakla

Materijal (mm)	Indeks zvučne izolacije (dB) kod središnjih frekvencija oktava (Hz)						Jednbrojne vrijednosti i spektralne prilagodne vrijednosti		
	125	250	500	1000	2000	4000	R_w	C	C_{tr}
Jednoslojno staklo									
3	14	19	25	29	33	25	28	-1	-4
4	17	20	26	32	33	26	29	-2	-3
5	19	22	29	33	29	31	30	-1	-2
6	18	23	30	35	27	32	31	-2	-3
8	20	24	29	34	29	37	32	-2	-3
10	23	26	32	31	32	39	33	-2	-3
12	27	29	31	32	38	47	34	0	-2
Višeslojno staklo + sloj sintetskog materijala 0.5 mm do 1 mm									
6+	20	23	29	34	32	38	32	-1	-3
8+	20	25	32	35	34	42	33	-1	-3
10+	24	26	33	33	35	44	34	-1	-3
IZO staklo s jednoslojnim ili višeslojnim prozorskim staklima; Međuprostor od 6 mm do 16 mm s punjenjem zrakom ili argonom									
4 (6-16) 4	21	17	25	35	37	31	29	-1	-4
6 (6-16) 4	21	20	26	38	37	39	32	-2	-4
6 (6-16) 6	20	18	28	38	34	38	31	-1	-4
8 (6-16) 4	22	21	28	38	40	47	33	-1	-4
8 (6-16) 6	20	21	33	40	36	48	35	-2	-6
10 (6-16) 4	24	21	32	37	42	43	35	-2	-5
10 (6-16) 6	24	24	32	37	37	44	35	-1	-3
6 (6-16) 6 višeslojno staklo	20	19	30	39	37	46	33	-2	-5
6 (6-16) 10 višeslojno staklo	24	25	33	39	40	49	37	-1	-5

Prozor postiže zvučnu izolaciju samo ako je zatvoren. Povezan je s pregradom preko priključne reške i ima preklope između fiksnog doprozornika i otvarajućih prozorskih krila. Zato je bitno ostvariti kvalitetno brtvljenje reški i preklopa. [1]

U zvučnu izolaciju vrata ubrajamo zvučnu izolaciju vratnog krila, dovratnika te spojeva i preklopa. Najveću površinu zauzima vratno krilo te njegova zvučna izolacija uvelike određuje kvalitetu zvučne izolacije vrata, a najčešći problem je rješenje praga. Prag je reška između vratnog krila i poda i mora se pravilno zabrtviti kad su vrata zatvorena. U protivnom, sve uloženo u zvučnu izolaciju ostalih elemenata vrata će biti uzaludno. (Slika 12.) [1]



Slika 12. Brtvljenje vratnog krila i poda s pragom

3. DOPUŠTENE RAZINE BUKE

Osim zvučne izolacije pregrada potrebno je i razmotriti maksimalne dopuštene razine buke u zatvorenim prostorima (gdje ljudi rade i borave) zbog utjecaja izvora buke na susjedne prostore.

Svjetska zdravstvena organizacija tvrdi da je zdravlje „stanje potpune tjelesne, duhovne i socijalne ugone“, što znači da se pod zdravstvenim djelovanjem ne smatra isključivo fizički utjecaj buke, nego i psihički. Zdravlje nije samo odsustvo bolesti. [7]

Prosječno ljudsko uho zamjećuje vrlo niske zvučne tlakove, čak i iznosa $2 * 10^{-5}$ Pa. Usporedbe radi, bol već uzrokuje zvučni tlak iznosa 20 Pa. Pojedincu od buke ne štiti samo njegova svijest o štetnosti buke već i određeni propisi koje i on sam mora poštivati.

Jedan od ciljeva Zakona o gradnji je osiguranje temeljnih zahtjeva za građevinu koji moraju obavezno biti ispunjeni. Među sedam temeljnih zahtjeva za građevinu se nalazi i zaštita od buke koja nalaže da „Građevina mora biti projektirana i izgrađena tako da buka koju zamjećuju korisnici ili osobe koje se nalaze u blizini ostaje na razini koja ne predstavlja prijetnju njihovu zdravlju i koja im omogućuje spavanje, odmor i rad u zadovoljavajućim uvjetima.“ [8]

Zahtjeve zaštite od buke treba zadovoljavati kod izbora lokacije građevine, projektiranja, određivanja elemenata zgrade i izvedbe zgrade.

Izradi glavnog projekta, ovisno o namjeni građevine, prethodi izrada elaborata o zaštiti od buke. To su Elaborat akustičkih svojstava građevine i Elaborat zaštite od buke. Prilikom građenja je dopušteno odstupanje od glavnog projekta, ali ne i od temeljnih zahtjeva za građevinu, izuzevši izvanredne situacije; primjerice, ako bi se njima ugrozili bitni spomenici kulture. Sve od navedenog čini skup pokazatelja relevantnosti zaštite od buke u današnjoj gradnji. [8]

Projektom se predviđa minimalna zaštita od buke kod uobičajenog korištenja u boravišnim prostorijama i povećana zaštita, kada ona minimalna propisana nije dovoljna.

Norma (HRN U.J6.201/89) propisane minimalne zvučne izolacije (R_w) i maksimalne vrijednosti razine udarnog zvuka (L_w), koja se koristi do izlaska norme ili tehničkog propisa koji će je zamijeniti, ovisi o namjeni zgrade i o namjeni pregrade između prostorija. Podjela zgrada po namjeni je:

- A. stambene i poslovno-stambene zgrade,
- B. poslovne zgrade,
- C. restorani, prostori za igru i zabavu, zanatski pogoni,
- D. hoteli, moteli, domovi,
- E. bolnice, klinike, domovi zdravlja,
- F. škole, fakulteti,
- G. ustanove za predškolsku djecu.

Tablica 5.

	$R_{w,min}$ (dB)	$L_{w,max}$ (dB)
A/ Stambene i stambeno-poslovne zgrade		
zid između dva stana	52	-
zid između stana i zajedničkog hodnika	52	-
zid s vratima između stana i zajedničkog hodnika D_w	52	-
zid između stana i poslovnih prostora	57	-
strop između stanova, i ispod stana prema ulaznim prostorima, ...	52	68
strop iznad stana prema lođi/terasi drugog stana	-	68
strop ispod stana prema prostorima druge namjene (poslovni prostori, ...)	57	68
pod bučne prostorije prema stanu iznad i pored	-	48
B/ Poslovne zgrade i poslovne prostorije u drugim zgradama		
zid između prostorija dva korisnika	52	-
zid bez vrata između prostorija za intelektualni rad i prostorija za sastanke prema prostorijama za drugu namjenu istog korisnika	44	-
zid bez vrata između protorija istog korisnika	42	-
stropovi između poslovnih prostora	52	68

* Navedene su samo neke vrijednosti. Za detaljniji uvid vidi HRN U.J6.201

Prema Zakonu o zaštiti buke (NN Br. 30/09) buka štetna po zdravlje ljudi je „svaki zvuk koji prekoračuje propisane najviše dopuštene razine s obzirom na vrstu izvora buke, mjesto i vrijeme nastanka.“ Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka (NN. Br. 143/21) propisuje postojeće standarde dopuštenih razina buke. U tablici 6. su prikazani standardi za vanjski prostor gdje su L_{day} indikator dnevne buke, $L_{evening}$ indikator večernje buke, L_{night} indikator noćne buke i L_{den} indikator ukupne buke.

Tablica 6. Najviše dopuštene ocjenske razine buke u otvorenom prostoru

Zona buke	Namjena prostora	Najviše dopuštene ocjenske razine buke $L_{R,Aeq}$ / dB(A)			
		L_{day}	$L_{evening}$	L_{night}	L_{den}
1.	Zona zaštićenih tihih područja namijenjena odmoru i oporavku uključujući nacionalni park, posebni rezervat, park prirode, regionalni park, spomenik prirode, značajni krajobraz, park-šuma, spomenik parkovne arhitekture, tiha područja izvan naseljenog područja	50	45	40	50
2.	Zona namijenjena stalnom stanovanju i/ili boravku, tiha područja unutar naseljenog područja	55	55	40	56
3.	Zona mješovite, pretežito stambene namjene	55	55	45	57
4.	Zona mješovite, pretežito poslovne namjene sa stanovanjem, sa povremenim stanovanjem, pretežito poljoprivredna gospodarstva	65	65	50	66
5.	Zona gospodarske namjene pretežito zanatske. Zona poslovne pretežito uslužne, trgovačke te trgovačke ili komunalno-servisne namjene. Zona ugostiteljsko turističke namjene uključujući hotele, turističko naselje, kamp, ugostiteljski pojedinačni objekti s pratećim sadržajima. Zone sportsko rekreacijske namjene na kopnu uključujući golf igralište, jahački centar, hipodrom, centar za zimske sportove, teniski centar, sportski centar – kupališta. Zone sportsko rekreacijske namjene na moru i rijekama uključujući uređena kupališta, centre za vodene sportove. Zone luka nautičkog turizma uključujući sidrište, odlagalište plovnih objekata, suha marina, marina.	65	65	55	67
6.	Zona gospodarske namjene pretežito proizvodne industrijske djelatnosti. Zone morskih luka državnog značaja na bitne djelatnosti, zone morskih luka osobitog međunarodnog gospodarskog značaja, zone morskih luka županijskog značaja. Zone riječnih luka od državnog i županijskog značaja.	Razina buke koja potječe od izvora buke unutar ove zone a na granici s najbližom zonom 1, 2, 3 ili 4 u kojoj se očekuju najviše imisijske razine buke, buka ne smije prelaziti dopuštene razine buke na granici zone 1, 2, 3 ili 4.			

Zone buke iz tablice 6. se određuju na temelju dokumenata prostornog uređenja, a definicija ocjenske razine je svaka izmjerena ili proračunata razina zvuka u slobodnom zvučnom polju kojoj su dodana prilagođenja. Imisijska razina buke je ocjenska razina buke na mjestu na kojem se ocjenjuje razina buke. [9]

Posebnu pažnju je potrebno usmjeriti na radne i boravišne prostore, što preciznije rješava problematiku ovog završnog rada. Radni i boravišni prostori su svi otvoreni i zatvoreni prostori u kojem ljudi rade i privremeno ili trajno borave. Imaju strože zahtjeve, tj. niže najviše dopuštene razine buke jer o njima često ovisi kvaliteta intelektualnog rada i komfor boravka.

„Rezidualna buka je ukupna buka prisutna na nekom mjestu prije nego što je došlo do bilo kakve promjene u postojećoj situaciji, odnosno kada izvori buke ili objekt koji se ocjenjuje ne radi.“ Ukoliko bi ona dostigla najviše dopuštene razine iz tablice 6., onda imisija buke koja bi nastala od novoprojektiranih, izgrađenih ili rekonstruiranih odnosno adaptiranih građevina ne smije prelaziti te iste dopuštene razine umanjene za 5 dB(A). Suprotno, ako je rezidualna buka niža, prethodno spomenuta imisija buke ne smije povećati postojeće razine buke za više od 1 dB(A). [9]

U slučaju da razina buke od rekonstruiranih i novoizgrađenih građevina prometne infrastrukture koje dodiruju, tj. presijecaju zone iz 1., 2., 3. i 4. iz Tablice 6., treba projektirati i graditi na način da razina buke na granici planiranog koridora prometnice ne prelazi 65 dB(A) danju i 50 dB(A) noću. [9]

Po istim zonama buke dane su najviše dopuštene ocjenske ekvivalentne razine buke (L_{RAeq}) u zatvorenim boravišnim prostorijama. (Tablica 7.)

Tablica 7. Najviše dopuštene ocjenske ekvivalentne razine buke u zatvorenim boravišnim prostorijama

Zona prema Tablici 1. ovog Pravilnika	1	2	3	4	5
Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke L_{Req} u dB(A)					
– za dan	30	35	35	40	40
– za noć	25	25	25	30	30

Svi novi izvori buke u zgradi i izvan nje uzeti zajedno ne smiju povisiti postojeću razinu buke u boravišnim prostorijama. U suprotnom, moraju se primijeniti mjere zaštite od buke. [9]

Najviše dopuštene maksimalne standardne razine buke $L_{RAFmax,nT}$ u odnosu na vremensku značajku buke dane su u Tablici 8. U zatvorenim boravišnim prostorijama javljaju kao posljedica rada na zgradu vezanih servisnih uređaja kao što su primjerice uređaji za grijanje, uređaji za odvod i dovod vode. [9]

Tablica 8. Najviše dopuštene maksimalne standardne razine buke $L_{RAFmax,nT}$ u zatvorenim boravišnim prostorijama

Vremenska značajka buke	Dopuštena razina buke $L_{RAFmax,nT}$ u dB(A)
Stalna ili isprekidana buka (npr. grijanje, pumpe)	25
Kratkotrajna ili kolebajuća buka (npr. dizala, ispiranje WC)	30

Najviše dopuštene ocjenjske ekvivalentne razine buke su definirane za zatvorene prostorije posebne namjene (Tablica 9.) Također su po Pravilniku o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN Br. 46/08) definirane i za radne prostorije s obzirom na ometanje rada. (Tablica 10.)

Tablica 9. Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke u zatvorenim boravišnim prostorijama

Namjena prostora	Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke $L_{A,eq}$ u dB(A)
Koncertne dvorane, kazališta i slične prostorije	25
Kina, čitaonice, izložbene prostorije, predavaonice, učionice i slične prostorije	35

Tablica 10. Najviša dopuštena ekvivalentna razina buke u radnim prostorima

R. br.	Opis posla	Najviša dopuštena razina buke $L_{A,eq}$ u dB(A)	
		a*	b*
1	Najzahtjevniji umni rad, vrlo velika usredotočenost, rad vezan za veliku odgovornost, najsloženiji poslovi upravljanja i rukovođenja	45	40
2	Pretežno umni rad koji zahtijeva usredotočenost, kreativno razmišljanje, dugoročne odluke istraživanje, projektiranje, komuniciranje sa skupinom ljudi	50	40
3	Zahtjevniji uredski poslovi, liječničke ordinacije, dvorane za sastanke, školska nastava, neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje	55	45
4	Manje zahtjevni uredski poslovi, pretežno rutinski umni rad koji zahtijeva usredotočenje ili neposredno govorno i/ili telefonsko komuniciranje, komunikacijske centrale	60	50
5	Manje zahtjevni i uglavnom mehanizirani uredski poslovi, prodaja, vrlo zahtjevno upravljanje sustavima, fizički rad koji zahtijeva veliku pozornost i usredotočenost, zahtjevni poslovi montaže	65	55
6	Pretežno mehanizirani uredski poslovi, zahtjevno upravljanje sustavima, upravljačke kabine, fizički rad koji zahtijeva stalnu usredotočenost, rad koji zahtijeva nadzor sluhom, rad koji se obavlja na temelju zvučnih signala	70	60
7	Manje zahtjevni fizički poslovi koji zahtijevaju usredotočenost i oprez, manje zahtjevno upravljanje sustavima	75	65
8	Pretežno rutinski fizički rad sa zahtjevom na točnost, praćenje okoline slušanjem	80	65

*a - razina buke na radnome mjestu koja potječe od proizvodnih izvora

*b - razina buke na radnome mjestu koja potječe od neproizvodnih izvora (ventilacija, klimatizacija, promet i dr.). [10]

Usprkos ispunjenju minimalnih zahtjeva, mora postojati i uzajamna obazrivost, u smislu da ljudi pokušaju izbjeći proizvodnju neprimjerene buke i pridržavaju se vremena mirovanja.

4. ANALIZA PRIMJERA MOGUĆIH RJEŠENJA

Praktični dio ovog završnog rada temelji se na prikazu i analizi primjene teorijskih postavki iz prethodnih poglavlja.

Pregradne stijene se najčešće sastoje od nosača, obloge i ispune. Tvornički suhomontažni sustav razrađene tehnologije ima lagane čelične nosače, oblogu od gips-kartonske ploče debljine 15 mm, dimenzija 250x120 cm i ispunu od mekih ploča mineralne vune koje, osim za zvučnu, služe i za toplinsku izolaciju. (Slika 13.)



Slika 13.

Na nosače su postavljene trake koje sprečavaju prijenos buke prema podu i stropu. Gips-kartonske ploče se prvo postavljaju i učvršćuju na jednu stranu metalnih profila te se između nosača slaže mineralna vuna. Vrlo je bitno da je izolacija čvrsto postavljena između metalnih profila. Nakon toga, gips-kartonske ploče se postavljaju na drugu stranu (zatvaraju prostor mineralne vune) i učvršćuju. Završno se svi spojevi ploča armiraju i gletaju.

U slučaju stropova, kada bi se koristio prethodno naveden način učvršćivanja gips ploča, vibracije uzrokovane zvukom bi se prenosile preko krutih vješalica. Zato se koriste posebne ovjese s brtvama za prigušivanje zvuka – Vibrofix SP. (Slika 14.)















Ovjes Vibrofix SP smanjuje buku koja prodire kroz strop za do 25 dB. Nakon slaganja mineralne vune i gips ploča, taj strop uspješno izolira ne samo udarni zvuk, već i zračni zvuk.



Slika 14.

Širok izbor postoji i na tržištu elemenata stropova. Stropovi visokih performansi od elemenata značajnih svojstava smanjenja buke i prilagodljivih veličina često se koriste u obrazovnim ustanovama. Primjer djelovanja takvih ploča na akustiku prostorija je naveden u tablici ispod, gdje NRC zastupa apsorpciju zvuka, a AC razred artikulacije. Ako je AC veći od 170, materijal uspješno prigušuje ometajuće zvukove.

Tablica 11.

OPTIMA† Open Plan	Br. Proizvoda	Dimenzije		NRC	AC
					
15/16" Square Lay-in 	3150 3150M	2' x 2' x 3/4" 600 x 600 x 19mm		0.90 ●	180 ●
	3152 3152M	2' x 2' x 1" 600 x 600 x 25mm		0.95 ●	190 ●
	3159 3159M	2' x 2' x 1-1/2" 600 x 600 x 38mm		1.00 ●	200 ●
	3352* 3352M	2' x 2' x 1" 600 x 600 x 25mm		0.90 ●	200 ●
	3151 3151M	2' x 4' x 3/4" 600 x 1200 x 19mm		0.90 ●	180 ●
	3153 3153M	2' x 4' x 1" 600 x 1200 x 25mm		0.95 ●	190 ●
	3155 3155M	2' x 4' x 1-1/2" 600 x 1200 x 38mm		1.00 ●	200 ●
	3353* 3353M	2' x 4' x 1" 600 x 1200 x 25mm		0.90 ●	200 ●
	3356* 3356M	2' x 4' x 1-1/2" 600 x 1200 x 38mm		0.95 ●	210 ●
	3156 3156M	20" x 5' x 1" 500 x 1500 x 25mm		0.95 ●	190 ●
3158 3158M	30" x 30" x 1" 750 x 750 x 25mm		0.95 ●	190 ●	

Staklo je akustički „nezahvalan“ materijal, tj. nepovoljno utječe na akustiku prostorija. Zato se kod prostorija s velikim udjelom staklenih pregrada koriste materijali koji prigušuju buku, kao što su tepih i pregrade nepravilnih oblika. Takve prostorije su najčešće uredski prostori.

U uredskim prostorima se također često koriste gotovi pregradni sustavi. Primjer takvog je sustav od prethodno obrađenih gips ploča pričvršćenih na aluminijske profile koji su vijcima pričvršćeni na čeličnu konstrukciju. Šupljina između gips ploča je ispunjena mineralnom vunom. Modernom tehnologijom proizvodnje se postižu snažne, stabilne i atraktivne pregrade koje također imaju istaknuta zvučno-izolacijska svojstva navedena u tablici ispod. [13]

Tablica 12.

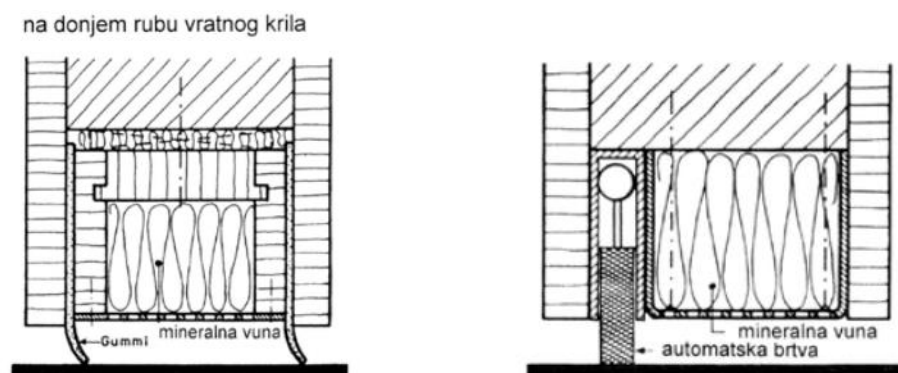
Tip	Debljina (mm)	Obloga od gipsa (mm)	Težina (kg/m ²)	Izolacija (mm)	Zvučna izolacija (dB)
PV 1090	92	2 x 13 mm	25	50	44 dB
PV 1290	118	4 x 13 mm	45	50	52 dB
PV 1490	144	4 x 13 mm	50	75	58 dB
PV 1890	196	4 x 13 mm	52	2 x 50	61 dB
PV 2190	222	6 x 13 mm	72	2 x 50	66 dB
PV 2190MT	222	6 x 13 mm	72	2 x 50	66 dB

Pokretne pregradne stijene, sastavljene od aluminijskih profila, drvenih ploča i zvučno izolacijskog materijala, postižu smanjenje zvuka do 53 dB. (Tablica 13.) Gumena traka je postavljena na vrh i dno panela, a kada su stijene zaključane, ona čvrsto prijanja uz susjedne dijelove. Visina i širina jednog takvog elementa ovise o širini i visini zidova, a debljina varira između 85 i 110 mm. [14]

Tablica 13.

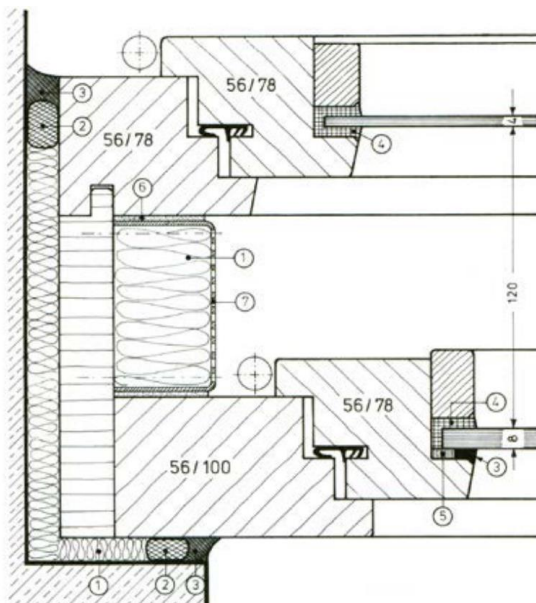
Tip	Debljina (mm)	Težina (kg)	Zračna zvučna izolacija (dB)
MV 41	85	26	41 dB
MV 44	85	30	44 dB
MV 46	85	35	46 dB
MV 48	85	40	48 dB
MV 50	85	42	50 dB
MV 52	100	52	52 dB
MV 53	100	54	53 dB
MV EI30	100	55	46 dB
MV EI60	110	61	50 dB

Kod pokretnih pregradnih stijena, ali i vrata, problematika je opisana u teorijskom dijelu završnog rada. Praktično rješenje tog problema kod pokretnih pregradnih stijena je fiksiranje gumenim trakama, a kod vrata je izvođenje zvučno izolacijskih komora. (Slika 15.)



Slika 15.

Izvrstan primjer rješenja zvučne izolacije prozora s dvostrukim ostakljenjem je prikazan na slici 16. Za postizanje zvučne izolacije od 46 dB postoje mnogi zahtjevi. Brtvilo utora je s dva obodna gumena profila za brtvljenje, u kutovima rezanim ukoso te spojenim pod kutom od 45° i zavarenim. Kod kutije za rolete revizijski poklopac i stijenka kutije su opremljeni izolacijskom folijom i filcom od mineralne vune, a spojevi zabrtvljeni. [1]



Dvostruki klasični prozor

$R_{w,R} = \text{cca } 46 \text{ dB}$

- 1 - mineralna vuna
- 2 - okrugao profil od pjenastog materijala
- 3 - elastično brtvilo
- 4 - brtvilo u utoru
- 5 - traka za brtvljenje
- 6 - porozna guma
- 7 - metalna ploča s perforacijama

Slika 16. Detalj zvučne izolacije dvostrukog klasičnog prozora

5. ZAKLJUČCI

Utvrđeno je da usredotočenost isključivo na ekonomske i tehničke probleme u dizajnu i izvođenju dovodi do zanemarivanja ljudskih potreba. Srećom, postoji širok spektar propisa koji štiti ljudsko zdravlje u svakom smislu. Različiti materijali različito provode zvuk, ali upotreba specifičnih materijala na pravi način dovodi do poboljšanja željenih svojstava. Razvoj tehnologija građenja čini izvedbu zaštite od buke vrlo izvedivom, što je prikazano i primjerima rješenja. Usprkos tome, pokazatelj nedovoljne svijesti o važnosti akustike u arhitekturi je manjak literature na hrvatskom jeziku. Stoga, postoji još mnogo prostora za razvoj.

6. LITERATURA

- [1] Z. Veršić, Arhitektonska akustika (T. Jaklenec, ur.), Zagreb, 2017.
- [2] S. Grubeša, A. Petošić, M. Suhanek, Osnove akustike, buka okoliša i zvučna izolacija te mjere za zaštitu od buke u otvorenom i zatvorenom prostoru, Zagreb, 2018.
- [3] T. Jelaković, Arhitektonska akustika, Zagreb, 1962.
- [4] E. Šmidihen, Zvučna izolacija dvostrukih pregradnih zidova (A. Mohorovičić, ur.), Zagreb, 1983.
- [5] <http://casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-57-2005-11-15.pdf> , 18.9.2022.
- [6] <https://potkrovlje.ba/2018/06/zvucna-izolacija-unutarnjih-pregrada/> , 18.9.2022.
- [7] <https://www.scribd.com/document/373370480/Zvucna-izolacija-objekata-pdf> , 2.9.2022.
- [8] Zakon o gradnji (NN. Br. 153/13) – www.nn.hr
- [9] Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke s obzirom na vrstu izvora buke, vrijeme i mjesto nastanka (NN Br. 143/21) – www.nn.hr
- [10] Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu (NN Br. 46/08) – www.nn.hr
- [11] Zakon o zaštiti od buke (NN. Br. 30/09) – www.nn.hr
- [12] <https://www.deko.com/products/system-partitions/deko-pv> , 19.9.2022.
- [13] <https://www.armstrongceilings.com/commercial/en/performance/total-acoustics.html> , 19.9.2022.
- [14] <https://www.deko.com/products/mobile-partitions/deko-mv> , 18.9.2022.
- [15] www.designingbuildings.co.uk/wiki/Sound_insulation_in_buildings , 3.9.2022.

7. PRILOZI

Slike:

- Slika 1. Izvor: T. Jelaković, Arhitektonska akustika, 1962.: 201
- Slika 2. Izvor: DIN – Taschenbuch 35, 2007: 143
- Slika 3. Izvor: Z. Veršić, Arhitektonska akustika, 2018.: 47
- Slika 4. Izvor: <https://www.scribd.com/document/373370480/Zvucna-izolacija-objekata-pdf>: 17, 2.9.2022.
- Slika 5. Izvor: Z. Veršić, Arhitektonska akustika, 2018.: 71
- Slika 6. Izvor: Z. Veršić, Arhitektonska akustika
- Slika 7. Izvor: <https://webgradnja.hr/specifikacije/587/drvoterm-dto3>, 20.9.2022.
- Slika 8. Izvor: : www.knauf.hr, 19.9.2022.
- Slika 9. Izvor: www.knauf.hr, 19.9.2022.
- Slika 10. Izvor: DIN 4109 Bleibatt 1, 1989: 23,24
- Slika 12. Izvor: Schulz P., 1993: 182
- Slika 13. Izvor: <https://www.knaufinsulation.hr/kako-izolirati-0/izolacija-pregradnih-zidova>, 19.9.2022.
- Slika 14. Izvor: <https://myhouse-hr.desigusxpro.com/strojmaterialy-i-tehnologii/zvukoizolaciya-v-kvartire#i-9>, 22.9.2022.
- Slika 15. Izvor: Schulz P., 1993.: 181
- Slika 16. Izvor: Schulz P., 1993.: 165

Tablice:

- Tablica 1. Izvor: Willems W. M., Dinter S., Schild K., 2006: 9.24 – 9.46
- Tablica 2. Izvor: Z. Veršić, Arhitektonska akustika, 2018.: 72
- Tablica 3. Izvor: DIN 4109 Bleibblatt 1, 1989: 18
- Tablica 4. Izvor: HRN EN 12758: 2002
- Tablica 5. Izvor: S. Grubeša, A. Petošić, M. Suhanek, Osnove akustike, buka okoliša i zvučna izolacija te mjere za zaštitu od buke u otvorenom i zatvorenom prostoru, 2018.: 103
- Tablica 6. Izvor: NN Br. 143/21
- Tablica 7. Izvor: NN Br. 143/21
- Tablica 8. Izvor: NN Br. 143/21
- Tablica 9. Izvor: NN Br. 143/21
- Tablica 10. Izvor: NN Br. 46/08

Tablica 11. Izvor: <http://www.selectacoustic.com/mobile/optima%20openplan.pdf>,
21.9.2022.

Tablica 12. Izvor: <https://www.deko.com/products/system-partitions/deko-pv>,
19.9.2022.

Tablica 13. Izvor: <https://www.deko.com/products/mobile-partitions/deko-mv>,
19.9.2022.