

# Zvučni komfor u samoposlugama i oko njih

Filip Batić  
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u  
Beogradu  
Beograd, Srbija  
[filipbatic@profakustika.rs](mailto:filipbatic@profakustika.rs)

Tatjana Miljković  
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u  
Beogradu  
Beograd, Srbija  
[tm@etf.rs](mailto:tm@etf.rs)

Miomir Mijić  
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u  
Beogradu  
Beograd, Srbija  
[emijic@etf.rs](mailto:emijic@etf.rs)

**Abstract** — Intenzivna stanogradnja u Srbiji uslovljava otvaranje velikog broja novih samoposluga smeštenih u prizemlju novih stambenih zgrada. Njihovom otvaranju prethodi proces projektovanja u kome se definišu unutrašnja organizacija, enterijer i svi potrebni mašinski i elektro servisi. Kroz rad na projektovanju više samoposluga prepoznata je jedna specifična akustička dimenzija koja utiče na zvučni komfor ljudi u samoposluzi, zaposlenih i kupaca, ali i ljudi u stanovima iz neposrednom okruženju. Pokazalo se da projektantima nedostaju neke značajne informacije čiji nedostatak može dovesti do dve vrste grešaka u projektu. S jedne strane do nepotrebnog predimenzionisanja akustičkih intervencija, a s druge do nedovoljnih mera zvučne zaštite. Predimenzionisanje podrazumeva projektovanje suviše intenzivne zvučne izolacije prema najbližim stanovima i prekomernog ulaganja u akustičku obradu prostora, što donosi investitoru nepotrebne troškove. Nedovoljne mere zvučne zaštite nastaju kada se potceni značaj nekih zvučnih izvora u samoposluzi za zvučni komfor u okruženju. U ovom radu su prikazani rezultati merenja stanja ambijentalne buke u toku rada samoposluga i merenja vremena reverberacije u njima. To su podaci na osnovu kojih u projektima samoposluga treba da se dimenzioniše zvučna zaštita i akustička obrada.

**Ključne reči** — buka, samoposluge, vreme reverberacije, zvučna izolacija,

## I. UVOD

U ovom radu je prikazan jedan segment rezultata do kojih se došlo tokom istraživanja neposredno podstaknutog potrebama iz inženjerske prakse. Tema je proizašla iz iskustva akustičkih konsultanata koji se bave zvučnim komforom u procesu arhitektonskog projektovanja novih samoposluga. Zadatak je da se minimizira mogućnost ugrožavanja okoline bukom koja nastaje njihovom mašinskom opremom i raznim ljudskim aktivnostima u njima. Pokazalo se da za stručno opravdan i racionalan pristup tom zadatku u literaturi nedostaju neka bitna znanja i podaci, a do kojih se može doći samo namenski organizovanim istraživanjem.

Intenzivna gradnja stambenih zgrada u Srbiji poslednjih godina prouzrokovala je permanentno uvećavanje stambenog fonda. Kao posledica toga vidljiva su dva jasna procesa: širenje teritorije naselja i povećavanje gustine stanovnika u njima. Razumljiva težnja maloprodajnih lanaca da se nađu na mestima sa povećanom koncentracijom potencijalnih kupaca koje će snabdevati neophodnim namirnicama i ostalim potrepštinama vodila je ka zauzimanju prostora lokala u prizemlju mnogih novoizgrađenih zgrada i njihovom privođenju nameni samoposluge. Tako postoji podatak da je samo jedan od lanaca samoposluga koji su aktivni u Srbiji otvorio prošle godine tridesetak novih samoposluga, uglavnom u novim stambenim zgradama i novim naseljima. Vidljivo je da se taj trend nastavlja.

Samoposluge u novim zgradama se po pravilu smeštaju u prostore koji su priređeni po takozvanom sistemu *shell-and-core*. To nači da se pri projektovanju i izgradnji zgrade prostor namenjen zakupcima ostavlja s golim površinama građevinskih pregrada, plafona, zidova i podova, i sa instalacijama koje su dovedene u prostor, ali ne i razvedene. Budućim korisnicima se prepušta da takve prostore prilagode konkretnim namenama. Kroz proces naknadnog projektovanja rešava se organizacija prostora, enterijer, adekvatna zvučna izolacija, mašinski sistem klimatizacije i ventilacije, razvod elektroenergetskih instalacija, itd.

Kada se *shell-and-core* prostor lokala privodi nameni samoposluge postoji nekoliko projektantskih tema koje su od velikog značaja za zvučni komfor stanara u okolnim stanovima, koji su ipak primarni korisnici zgrade. Oni su kroz cenu kvadrata stana platili svoje pravo na određeni nivo raznih oblika komfora, pa tako i na zvučni komfor. U samoposlugama i prostorima oko njih zvučni komfor je pokriven opštim normativima koji definišu kriterijume za dozvoljene nivoe buke u životnoj sredini [1], zahteve zvučne izolacije [2] i nivo buke na radnim mestima [3]. U nekim državama mogu se naći i normativi koji su specifični za prodavnice [4]. Takva činjenica ukazuje da u urbanom sredinama postoji problem buke koju stvaraju maloprodajni objekti. Problem je potenciran okolnostima da je nivo ambijentalne buke u savremeno građenim stanovima izuzetno nizak, što omogućava primenost ometajućih zvukova iz okruženja. Taj problem je ranije tretiran u literaturi [5].

Međutim, tema zvučnog komfora u stanovima koji se nalaze u okruženju samoposluga retka je tema u stručnoj literaturi koja bi bila od koristi projektantima. Postoje dva tipa literature koja tretira tu temu. Jedno su brojni novinarski članci koji obrađuju temu buke samoposluga i žalbe stanara, ali to nije inženjerski relevantan izvor informacija, a drugo su reklamna štiva proizvođača materijala i pribora koji se u takvim okolnostima mogu koristiti za smanjenje uticaja buke na okolinu [6].

Ozbilnost projektantske teme zvučnog komfora u, i oko samoposluga pokazala se kroz dosadašnju praksu na poslovima njihovih akustičkih sanacija. Prijavljivani su razni oblici buke kojom su samoposluge ugrožavale stanare u stambenim zgradama. To pokazuje da postoje problemi koji ostaju projektantski nerešeni. Iskustvo iz projektovanja sanacija buke uči da su to:

- neprilagođenost „sirovog“ *shell-and-core* prostora sadržajima koje u zgradu unosi samoposluga,
- postojanje bučne mašinske opreme koja postoji u prostoru samoposluge i neopodna je za njeno funkcionisanje,
- spoljašnje jedinice mašinske opreme koje svojom bukom mogu terorirati stambenu zgradu u kojoj se nalazi samoposluga, ali i njenu neposrednu okolinu,

Rad na ovom projektu finansirala je firma ProfAkustika d.o.o.

- razne bučne radne aktivnosti od kojih se neke dešavaju u ranim jutarnjim časovima.

Nabrojani problemi prisutni su u svim samoposlugama. U nekim prostorima, zavisno od specifičnih uslova, sreću se sporadično i neke druge teme koje zahtevaju adekvatna projektantska rešenja sa aspekta zvučnog komfora.

U dosadašnjim iskustvima iz projektovanja samoposluga konstatovano je da nedostaju neke informacije i znanja koja su od značaja za pravilno dimenzionisanje mera zvučne zaštite, a koja se ne mogu naći u literaturi. Bez takvih informacija prete dve vrste opasnosti. Prva je da se neke akustičke mere nepotrebno predimenzionišu sledeći logiku prevelike margine sigurnosti, što je rizik za investitora da neke projektovane građevinske intervencije budu suštinski nepotrebne. Druga je da se neki aspekti ugrožavanja bukom potpuno zanemare i ne obrade u projektu.

Sa takvim saznanjima pokrenuto je istraživanje čiji je cilj bio da se utvrde dve važne informacije:

- kakve su prosečne karakteristike nivoa buke u prostoru samoposluge da bi se realno procenjivale potrebe uvođenja dodatnih mera zvučne izolacije samoposluge prema okolnim stanovima u odnosu na zatečeno „shell and core“ stanje;
- koliko je očekivano vreme reverberacije u prostoru samoposluge da bi se ocenila potreba da dodatnom akustičkom obradom u projektu enterijera.

Rezultati takvog istraživanja prikazani su u ovom radu.

## II. AMBIJENTALNA BUKA U PROSTORIMA SAMOPOSLOGA

Za projektantsku procenu potrebnih mera zvučne izolacije prema stanovima s kojim se graniči samoposluga neophodno je poznavati očekivani nivo buke koja se javlja u njoj. Za analizu ambijentalne buke u samoposlugama izvršen je izbor reprezentativnih objekata u Beogradu koji su po proceni predstavnika njihovog operatera karakteristični predstavnici objekata uređenih u novije vreme. Odabrane samoposluge su u izvesnoj meri različite po površini, konfiguraciji prostora i veličini zgrada u kojima se nalaze, po njihovom neposrednom okruženju i po akustičkoj zoni grada.

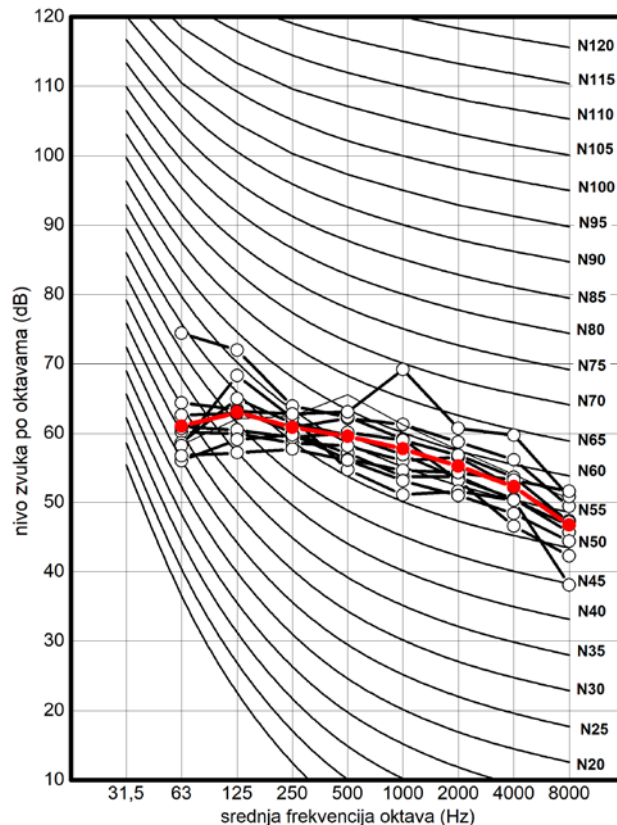
Pre početka merenja buke za svaku od analiziranih samoposluga dobijeni su od predstavnika njihovog operatera statistički pdaci o intenzitetu priliva kupaca tokom dana da bi se utvrdili maksimumi u opterećenosti prostora, a time i mogući maksimumi u bučnosti ambijenta u njima. Na osnovu toga je napravljen plan merenja da bi dobijeni rezultati pokazivali stanje u najbučnijim periodima radnog vremena. Merenja su bila usmerena na dobijanje podataka o stanju buke u redovnom radu, izuzimajući eventualne ekscesne pojave kao što su reorganizacija robe na policama, generalno čišćenje prostora, servisiranje mašinske i druge preme i slično.

Prilikom merenja instrument se nalazio na pozicijama gde se očekuje veći intenzitet ljudskih aktivnosti. U svim slučajevima jedna pozicija mernog instrumenta bila je u zoni gde su kase jer se tu u zvučnoj slici pojavljuje razgovor ljudi, karakterističan zvuk kucanja na kasi (može se okarakterisati kao pištanje), dovikivanje zaposlenih kada se traže dodatne informacije, veća koncentracija kupaca na malom prostoru i slično. Pojedinačni

intervali usrednjavanja nivoa buke bili su 15 minuta, uvek približno u naznačenim špicovima posećenosti samoposluga.

### A. Rezultati merenja

Rezultati merenja ekvivalentnog nivoa ambijentalne buke u samoposlugama prikazan je na slici 1. Izmereni oktavni spektar predstavljen je u standardnom dijagramu NR kriterijuma. Na dijagramu je crvenom linijom ucrtana i srednja vrednost. Ekscesna vrednost na 1 kHz dobijena u jednom merenju posledica je rada sistema za klimatizaciju koji je u čitavoj samoposluzi sistemski stvarao specifičan tonalni zvuk.

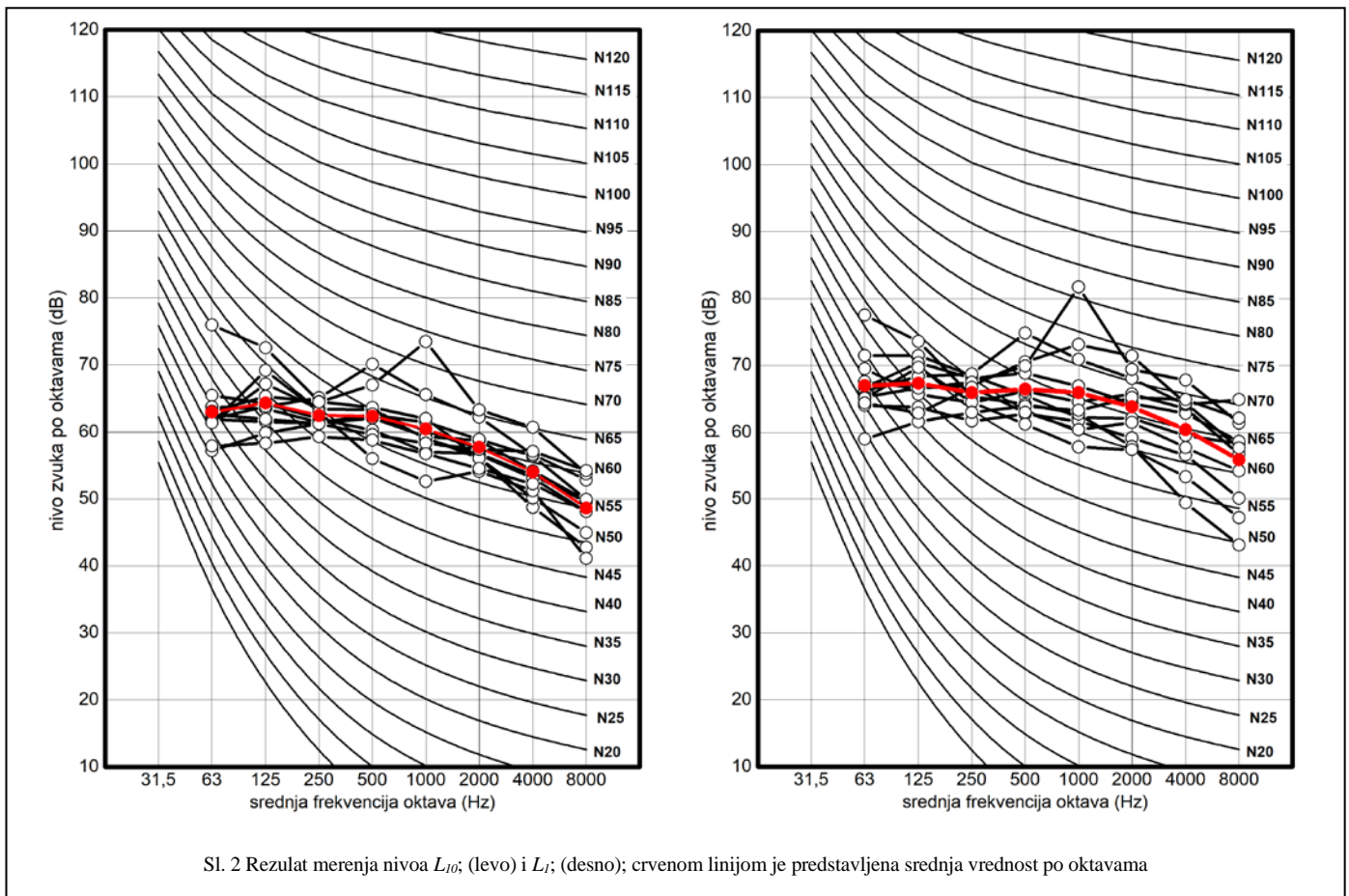


Sl. 1 Rezultat merenja nivoa  $L_{eq}$ ; crvenom linijom je predstavljena srednja vrednost po oktavama

U ovoj analizi buke pošlo se od stava da će ometanje ljudi u okružujućim stanovima presvega nastajati kao posledica kratkotrajnih ekscesnih zvučnih pojava, a ne stacionarnim stanjem buke. To je univerzalno pravilo koje važi u svim okolnostima ometanja bukom, saobraćajnom, muzičkom i slični zvučnim pojavama. Zbog toga su izmereni i statistički pokazatelji  $L_{10}$  i  $L_1$ . Izmerene oktavne vrednosti ovih parametara buke prikazani su na slici 2. I na ovi dijagramima je crvenom linijom predstavljena srednja vrednost.

### B. Diskusija rezultata

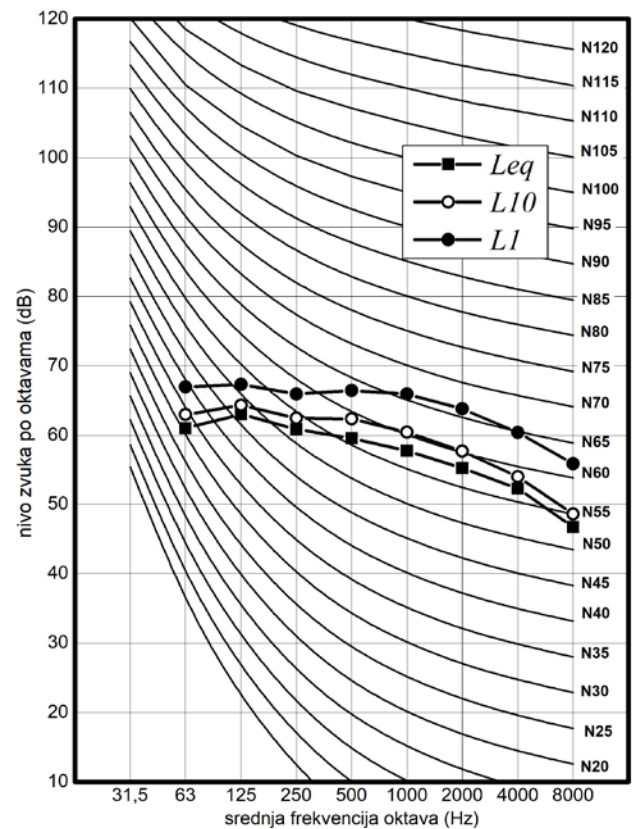
Osnovno pitanje radi čijeg odgovora je pokrenuto ovo istraživanje je kategorijacija prostorija po bučnosti u skladu sa aktuelno korišćenim normativom [2]. U njemu je definisano da je granična vrednost nivoa buke u normalnim boravišnim prostorijama 70 dB(A), a da prostorije u kojim je ta vrednost viša spadaju u kategoriju bučnih prostorija. Rezultati prikazani na slici 1 pokazuju da, osim jednog slučaja, buka u samoposlugama zadovoljava kriterijum NR60 (to jest nivo 65 dB(A)). Na osnovu



tog rezultata može se zaključiti da samoposluge ne spadaju u kategoriju bučnih prostora. Ekscenčni slučaj buke u jednoj samoposluzi posledica je nekih neuobičajenih manifestacija u radu mašinskog sistema.

Projektantski pristup u rešavanju zvučne izolacije samoposluga prema najbližim stanovima mora problem njihovog ugrožavanja sagledavati u širem kontekstu eksploatacije objekta i mogućih oblika uznemiravanja. U tom smislu relevantni mogu biti podaci o statističkim pokazateljima  $L_{10}$  i  $L_1$ . Uporedni prikaz srednjih vrednosti ekvivalentnog nivoa buke i ovih statističkih parametara predstavljen je na slici 3. Vidi se da u 1% vremena tokom mernih intervala nivo ambijentalne buke u samoposlugama premašivao je kriterijum NR65, to jest ekvivalentni nivo buke 70 dB(A). Na osnovu toga dobra inženjerska praksa bi zahtevala da se samo posluge posmatraju kao prostori u kojim je granica bučnosti iz dokumenta [2] premašena. To dalje znači da zahtevi za izolacionu moć tavanica i zidova između samoposluge i stanova moraju biti adekvatno povišeni.

Početna inženjerska očekivanja pre početka ove analize bila su da samoposluge predstavljaju mnogo bučnije prostore nego što dobijeni rezultati pokazuju. To svakako u izvesnoj meri relaksira arhitektonske zahteve pri uređenju njihovih prostora. Međutim, to ne negira činjenicu da su samoposluge „maligne“ pojave u stambenim zgradama, ali su razlozi za to u drugim oblastima, a ne zbog prekomerne buke u zoni za kupce. S toga fokus akustičkih konsultanata se usmerava na druge teme koje samoposluge nameću.





### III. REVERBERANTNOST PROSTORA SAMOPOSLOGA

Reverberantnost prostora samoposluge je faktor koji utiče na nivo reflektovanog zvuka u njima, a to znači na nivo ambijentalne buke koja nastaje raznim aktivnostima kupaca i zaposlenih. Takva buka može dospeti u stanove u neposrednom okruženju i narušavati zvučni komfor u njima. U procesu projektovanja samoposluge razmatranje mera za sprečavanje ugrožavanja stanova bukom neminovno uključuje i pitanje akustičke obrade prostora apsorpcionim materijalima.

U tom smislu značajno je poznavanje mogućih vrednosti vremena reverberacije u uobičajeno nameštenoj samoposluzi, bez bilo kakve dodatne obrade. Na osnovu toga se može procenjivati svrsishodnost uvođenja apsorpcionih materijala koji bi se postavljali u enterijeru samoposluge. Enterijer u svim samoposluga vrlo je sličan jer je određen sa relativno gusto postavljenim gondolama na kojima je roba, a visina plafona je u okvirima uobičajenih spratnih visina lokala u prizemlju zgrada (3-4 m). Izuzetak su velike samoposluge, takozvani megamarketi, ali oni nisu tema u ovoj analizi. Oni se grade kao nezavisni objekti koji se ne graniče sa stanovima, pa u građevinskom smislu predstavljaju posebnu kategoriju.

#### A. Postupak merenja

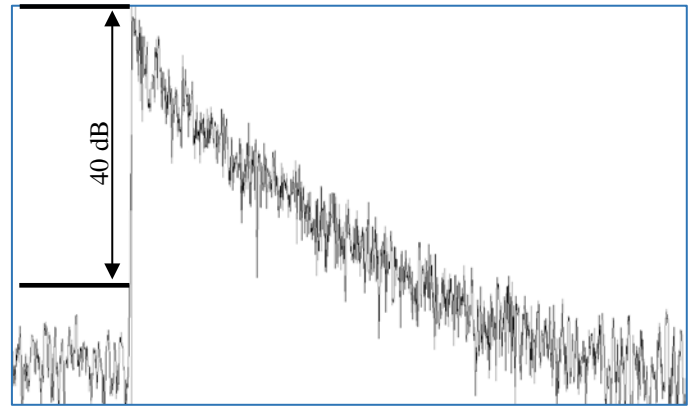
Merenje vremena reverberacije u samoposlugama izvršeno je metodom impulsne pobude. Takav pristup je izabran zbog jednostavnosti u okolnostima kada je taj prostor aktivan kao prodavnica i u njemu se nalaze kupci i osoblje. Pošlo se od pretpostavke da se pojava mernih impulsa uklapa u prirodu uobičajenog zvučnog ambijenta u prodajnim objektima sa takvom vrstom robe i da neće izazivati uznemiravanje i negodovanje osoba zatečenih u prostoru. Zvukovi koji nastaju padanjem predmeta sa policica, udarcima satare na odelenju mesa, dovikivanjem zaposlenih i slično sastavni su deo zvučnog ambijenta samoposluga. Tokom merenja se pokazalo da je takva pretpostavka bila ispravna jer povremena pojava mernih impulsa nije bila ometajuća za kupce. S druge strane, rezultati takvog merenja odgovaraju realnim okolnostima jer uključuju i apsorpciju prisutnih ljudi.

Izvesna otežavajuća okolnost bio je relativno visok nivo buke koju stvara sistem ventilacije i klimatizacije prostora i ambijentalna muzika koja je danas uobičajena u novijim samoposlugama. Postupak merenja se svodio na čekanje trenutaka u kojima se subjektivno konstatuje da je postignut minimum ambijentalne buke, i tada je aktivirana impulsna pobuda. Pokazalo se da je primenjenom metodologijom merenja postignut dovoljni veliki dinamički opseg snimljenih signala iz kojih je određeno vreme reverberacije. Na slici 4 prikazan je jedan zapis impulsne pobude na kome je naznačen dinamički opseg od značaja za merni proces.

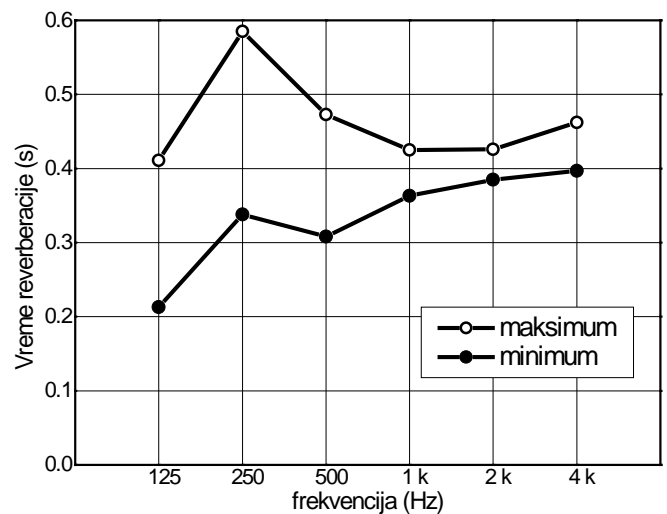
#### B. Rezultati merenja

Rezultat merenja vremena reverberacije u samoposlugama prikazan je na slici 6. Dijagram pokazuje opseg u kome su se nalazile izmerene oktavne vrednosti parametra T30. Vidi se da je prostor tipične samoposluge prilično akustički prigušen, jer se srednja vrednost T3 kreće oko vrednosti 0,4 s. Takvo stanje reverberacije određeno je sa dva faktora:

- apsorpcijom velike količine razne robe koja se nalazi na relativno gusto postavljenim policama, i
- razudenošću zapremine prostora „nameštajem“, rafovima i policama, koje fizički segmentišu prostor.



Sl. 4 Primer zapisa impulsne pobude u jednoj samoposluzi; vidi se da je dinamički opseg veći od 40 dB, što je potrebno za određivanje T30



Sl. 5 Opseg izmerenih vrednosti vremena reverberacije T30 u samoposlugama



Sl. 6 Tipičan izgled prostora samoposluge sa jasnom fizičkom izdelfenošću vazdušnog prostora i prisutnom brojnom robom na policama

Uloga rafova i policica sa robom u formiranju zvučnog polja može se tumačiti na više načina. Nesumnjivo je da oni imaju ulogu barijera jer utiču na saobraćaj zvučne energije. Takve pregrade smanjuju akustički aktivnu zapreminu samoposluge u kojoj se formira reverberacioni proces. Realno je pretpostaviti da tako delovi zapremine između rafova u akustičkom smislu deluju kao spregnuti prostori, čime se umanjuje aktivna zapremina koja određuje globalni reverberacioni proces. Kao ilustracija je na slici 5 prikazan jedan tipičan izgled prostora samoposluge na

kome se vidi izdajenost zapremine i velika količina robe koja stoji na gondolama.

Rezultat merenja vremena reverberacije pokazuje da u procesu projektovanja novih samoposluga dodavanje apsorpcionih materijala da bi se umanjio nivo ambijentalne buke nema opravdanja, jer u njima već prirodno postoji stanovita apsorpcija. Gruba procena za neke od analiziranih samoposluga pokazuje da je u njima zatečenom stanju, što znači bez posebne akustičke obrade, apsorpciona površina reda veličinine 100 m<sup>2</sup>. To znači da bi, hipotetički, postavljanje 100 m<sup>2</sup> nekog dodatnog apsorpcionog materijala čiji je prosečan koeficijent apsorpcije 1 umanjilo nivo buke za samo 3 dB. To podrazumeva stanovitu investiciju sa neprimetnim efektom na zvučni komfor.

#### IV. ZAKLJUČAK

Rezultati merenja koji su obavljani u reprezentativnim primerima samoposlugama definisali su dve bitne preporuke za akustičke konsultante koji rade na projektima uređenja prostora za samoposluge. To su:

- utvrđen je očekivani nivo ambijentalne buke u samoposlugama za procenu potrebne izolacione moći tavanica i zidova između prostora samoposluga i stanova s kojim se graniči;
- utvrđeno je da nema potrebe predviđati neku dodatnu akustičku obradu samoposluga apsorpcionim materijalima, jer se time ne mogu postići primetni efekti u zvučnom komforu stanova oko samoposluge.

Ovi zaključci se odnose samo na arhitektonsko-enterijerski aspekt projektovanja samoposluga. Postoje i neke nepoznanice koje se odnose na njihove mašinske sisteme i zaštitu do buke, što treba da bude tema budućih istraživanja.

U proceni zvučne zaštite važno je uzeti u razmatranje da savremeno zidani stanovi imaju u svojim boravišnim prostorijama izuzetno nizak nivo ambijentalne buke, što omogućava lakšu primetnost zvukova iz okruženja. Taj specifičan aspekt značajan za projektovanje analiziran je u literaturi [5]. Kriterijum zvučne izolacije između samoposluge i stanova, koji se usvajaju u projektima, treba zasnivati na rezultatima merenja prikazanim u ovom radu i ranije prikazanom očekivanom nivou ambijentalne buke u stanovima [5].

Istraživanje čiji su predstavljeni u ovom radu predstavlja primer iz inženjerske prakse kada su za korektno izvršenje projektantskih zadataka neophodne neke početne informacije, ali one ne postoje u literaturi. To su okolnosti koje zahtevaju namenski organizovana istraživanja. Samo tako se u projektovanju smanjuju rizici od predimenzionisanja mera zvučne zaštite i, shodno tome, umanjuje cena njihovog izvođenja.

#### ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju predstavnicima projektantskog biroa firme Delhaze što su podržali ovo istraživanje i pomogli u njegovoj organizaciji.

#### LITERATURA

- [1] „Uredba o indikatorima buke, graničnim vrednostima, metodama za ocenjivanje indikatora buke, uznemiravanja i štetnih efekata buke u životnoj sredini“ (Službeni glasnik RS br. 75/10)
- [2] SRPS U.J6.201 „Akustika u zgradarstvu – Tehnički uslovi za projektovanje i građenje zgrada“
- [3] “Pravilnik o preventivnim merama za bezbedan i zdrav rad pri izlaganju buci”, Sl. glasnik RS”, br. 96/2011, 78/2015 i 93/2019)
- [4] “Quiet Deliveries Good Practice Guidance – Key Principles and Processes for Retailers”, Department for Transport, London, 2014.
- [5] Miodrag Stanojević, Miomir Mijić, „Analiza ambijentalne buke u stanovima“, LXVII konferencija ETRAN-a 2023. Zbornik radova, AK2.7 1-7
- [6] Structural acoustic insulation of urban supermarkets, <https://www.mecanocaucho.com/en/news/supermarket-en/>

#### ABSTRACT

Intensive construction of new residential buildings in Serbia has led to the opening of a large number of new supermarkets located on their ground floor. Their opening is preceded by a design process that defines the interior organization, interior design, and all necessary mechanical and electrical services. Through work on the number of supermarkets design, a specific acoustic dimension has been recognized that affects the acoustic comfort for people in the supermarket, employees, and customers, as well as people in nearby apartments. It has been shown that designers lack some important information whose deficiency can lead to two opposite types of errors in the project. The first is unnecessary over-sizing of acoustic interventions, and the other is insufficient measures of sound protection. Over-sizing involves designing excessively intensive sound insulation towards the nearest apartments and excessive investment in acoustic treatment of the space, resulting in unnecessary costs for the investor. Insufficient sound protection measures occur when the significance of certain sound sources in the supermarket for sound comfort in the environment is underestimated. This paper presents the results of ambient noise levels measurement during supermarket everyday operation and measuring the reverberation time in them. These are the data based on which sound insulation and acoustic treatment should be dimensioned in supermarket design.

#### ACOUSTIC COMFORT IN AND NEARBY SUPERMARKETS

Filip Batić, Tatjana Miljković, Miomir Mijić