

Uticao geometrije proscenijumskih loža na odziv operске sale

Miomir Mijić, Vojkan Janjić, Dragana Šumarac Pavlović

Sadržaj — Lože koje se u operским salama nalaze neposredno oko proscenijuma imaju veliki značaj za formiranje početnog dela impulsnog odziva na putanjama pevač-auditorijum i pevač-pevač. Zbog toga je izbor njihove geometrije važan za ukupni akustički kvalitet sale. Prilikom rekonstrukcije istorijske sale opere u Ljubljani ukazala se prilika da se na fizičkom modelu te sale ispita uticaj nekih geometrijskih promena koje se mogu uvoditi u proscenijumskim ložama na impulsni odziv. U ovom radu prikazani su rezultati takve analize.

Кljučne reči — akustički odziv, lože, opera

I. UVOD

AKUSTIČKI odziv operских sala je, za razliku od koncertnih sala, u značajnoj meri određen nekim fizičkim osobinama nametnutim da bi se zadovoljili specifični neakustički zahtevi operске predstave kao scenskog događaja. U prvom redu to je postojanje portalnog otvora iza koga se nalazi velika zapremina bine. Posmatrano iz sale to uvodi značajnu apsorpciju koju koncertne sale nemaju. Drugi zahtev proizilazi iz tradicije građenja operских sala, jer su svojevremeno uvedene lože kao uobičajeni geometrijski element u njihovom enterijeru. Funkcija loža u sali dominantno je zasnovana na društvenim i socijalnim faktorima, iako je u unutrašnjosti tradicionalno građenih loža često ugrožena vidljivost bine i čujnost zvuka.

Značajan broj operских sala koje su danas u funkciji izgrađen je relativno davno. Najpoznatije sale datiraju iz 18. i 19. veka. U njima postoji dominantan pečat graditeljstva i estetike enterijera toga vremena, gde spadaju i galerije s ložama. Sa akustičkog aspekta poseban značaj imaju proscenijumske lože (ponegde nazivane i direktorske lože zbog činjenice da se karte za njih ne nalaze u prodaji, već s njima raspolaže uprava). Za ilustraciju, jedan primer proscenijumskih loža prikazan je na slici 1. To je prednji deo sale opere u Ljubljani („SNG opera i balet“) na kome se sa obe strane otvora bine vide po tri izdvojene portalne lože.

Portalne lože pozicionirane neposredno uz otvor bine imaju značajan uticaj na strukturu akustičkog odziva sale. One se nalaze na pozicijama koje učestvuju u formiranju brzih prvih refleksija u početnom delu impulsnog odziva.

Miomir Mijić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd, Srbija; (e-mail: emijic@etf.rs)

Vojkan Janjić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, 11000 Beograd (e-mail: vojkan_janjic@yahoo.com)

Dragana Šumarac Pavlović, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd, Srbija; (e-mail: dsumarac@etf.rs)

To je deo odziva koji određuje njegovu teksturu, a to dalje znači da određuje doživljaj glasnosti zvuka i njegovu estetiku. Osim na prve refleksije pevanog glasa sa bine koje stižu do auditorijuma, proscenijumske lože takođe utiču na generisanje prvih refleksija orkestarskog zvuka prema bini i refleksije pevanog glasa koji dolazi sa bine nazad prema pevačima, što je značajno za kontrolu glasa pri pevanju.



Sl. 1. Izgled proscenijumskih loža u sali opere u Ljubljani.

Analiza uticaja proscenijumskih loža na akustički odziv nije moguća uobičajenim matematičkim modelima definisanim u akustici prostorija. Statistički model „ne vidi“ takve geometrijske elemente u prostoriji, a uprošćavanja svojstvena geometrijskom modelovanju ne omogućavaju da se u softverskoj predikciji zvučnog polja adekvatno predstave lokalni efekti u ložama, pogotovo ako je sala građena u nekom od istorijskih stilova s mnoštvom geometrijskih detalja i ukrasa. Zbog toga jedini način da se ostvari dovoljno precizan uvid u promene odziva koje bi nastale nekim varijacijama konfiguracije proscenijumskih loža jeste analiza na fizičkom modelu tog dela sale.

U ovom radu prikazani su rezultati analize mogućeg uticaja proscenijumskih loža na impulsni odziv sale sa aspekta promena u njihovoj dubini. Analiza je sprovedena na primeru sale opere u Ljubljani, i bazirana je na fizičkom modelu ove sale koji je napravljen tokom rada na akustičkom redizajnu te zgrade. Dobijeni rezultati korišćeni su tokom projektovanja, ali imaju i opštiji značaj u razumevanju akustičkog odziva operских sala.

II. POSTUPAK ANALIZE PROSCENIJUMSKIH LOŽA NA PARCIJALNOM FIZIČKOM MODELU

Istorijska sala ljubljanske opere ima šest proscenijumskih loža, po tri sa svake strane sale, kao što se vidi na slici 1. Mogućnost uvođenja varijacija geometrije proscenijumskih loža u jednoj takvoj sali značajno je ograničena zaštitom objekta kao kulturnog spomenika. Dopusnene promene svode se samo na promene njihove dubine, dok su svi drugi elementi geometrije ovih loža predmet zaštite. Preliminarnom analizom je utvrđeno da eventualna promena dubine proscenijumskih loža može imati uticaja na ukupan odziv sale. Zbog toga je u okviru projekta rekonstrukcije razmatrana mogućnost promena dubine proscenijumskih loža, sa idejom da se time povećava energija u početnom delu impulsnog odziva koja reflektujući se od te zone dospeva u auditorijum.

Dve činjenice su doprinele da ideja o korekciji dubine proscenijumskih loža bude prihvaćena od ostalih učesnika u rekonstrukciji. Prva je da se iz njih bina može videti samo iz prvog reda sedišta, jer su sve ostale pozicije unutar tog prostora neupotrebljive zbog neadekvanih vizura, a druga je da se na najvišoj etaži lože i u postojećem stanju koriste samo kao tehnički prostor u sali za postavljanje i podešavanje reflektora.

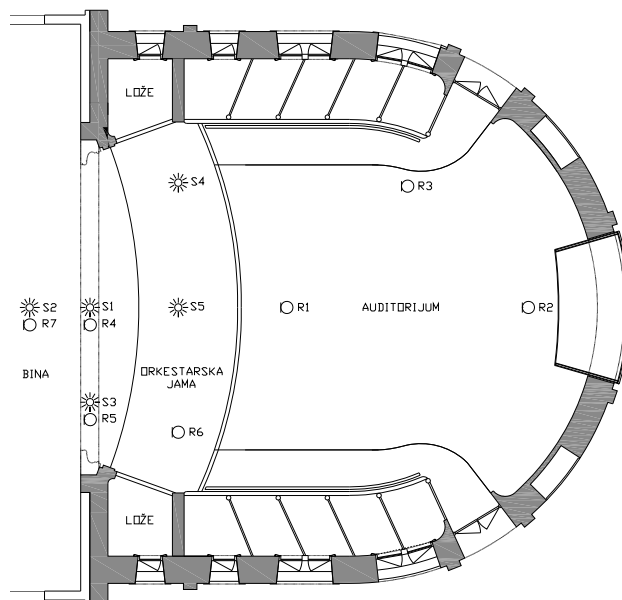
Ideja da se promenom dubine proscenijumskih loža utiče na strukturu prvih refleksija zahtevala je egzaktniju proveru. Da bi se ispitali efekti ovakve mere napravljen je parcijalni fizički model prednjeg dela sale u razmeri 1:10. Izgled ovog modela prikazan je na slici 2. U modelu su unutar loža napravljeni pomični poklopci kojim je menjana pozicija njihovog zadnjeg zida. Na taj način bilo je moguće vršiti promene dubine loža i merenjem analizirati eventualne promene u strukturi prvih refleksija koje pri tome dospevaju na površinu auditorijuma.



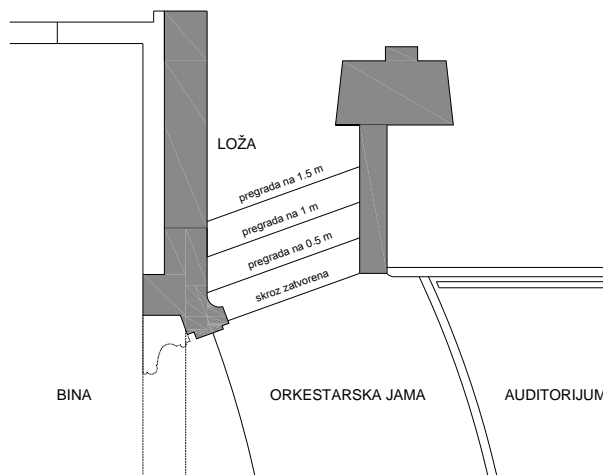
Sl. 2. Fotografija fizičkog modela proscenijumskih loža. Na bini je vidljiv varničar u veličini pevača i ram sa rasterom koji je služio za postavljanje mikrofona na odgovarajuće pozicije.

Da bi se u analizi odziva jasno izdvojio doprinos koji proscenijumske lože imaju u prvim refleksijama, fizičkom modelu prednjeg dela sale dodata je samo orkestarska

jama. Izostavljeni su svi bočni zidovi i površina auditorijuma koji bi u odzivu maskirali doprinos samih loža. Modelu je dodat i pojednostavljen plafon, sveden samo na jednu ravnu površinu, zbog toga što refleksije od proscenijumskih loža koje nastaju kada je izvor zvuka na bini najvećim delom idu ka plafonu i tek kao refleksije drugog reda dospevaju do auditorijuma. Na modelu je postavljen potpuno ravan plafon da bi se izbegla eventualna varijabilnost uticaj njegove difuznosti.

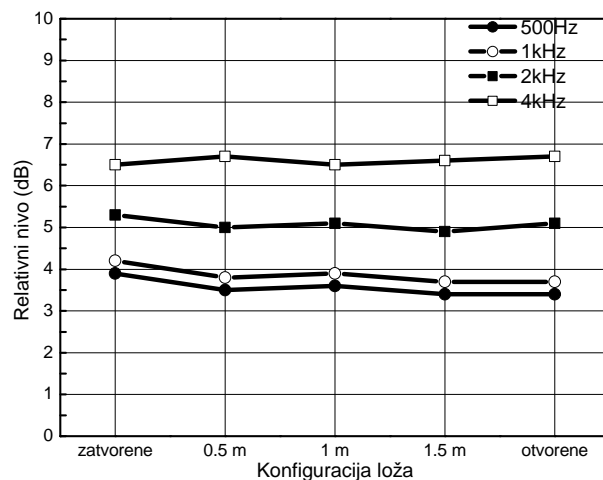
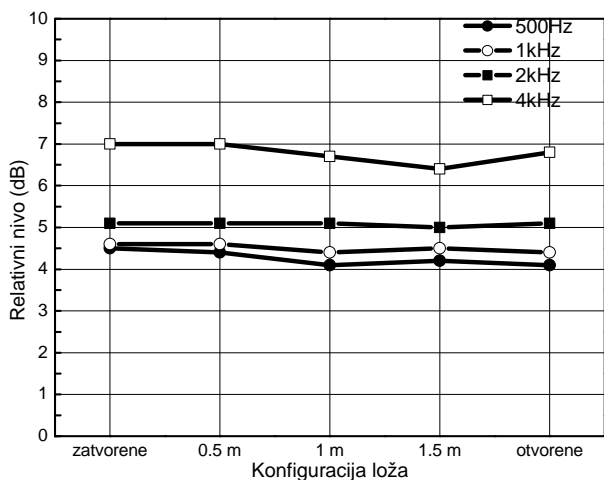
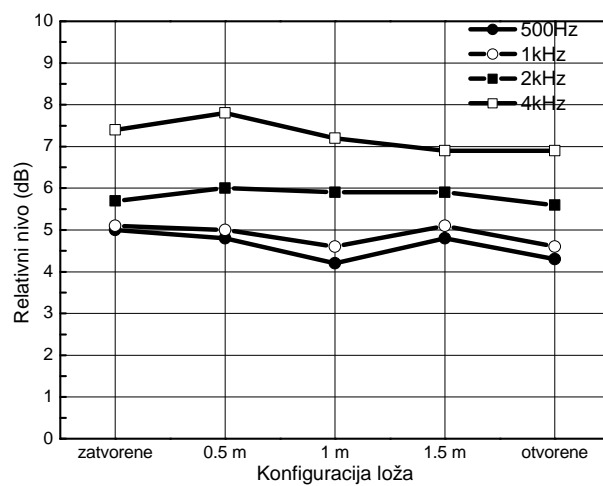
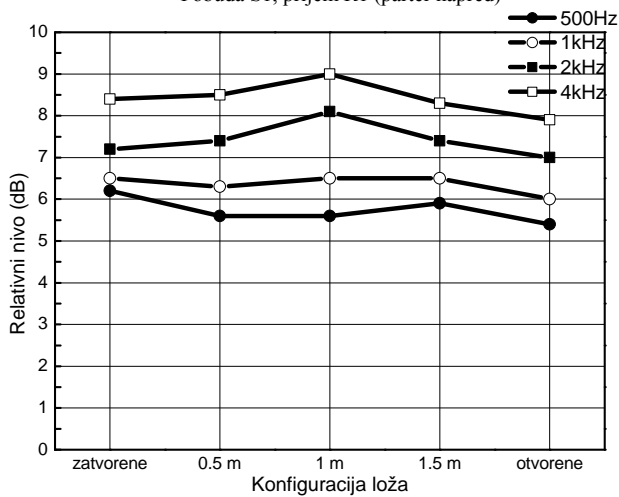
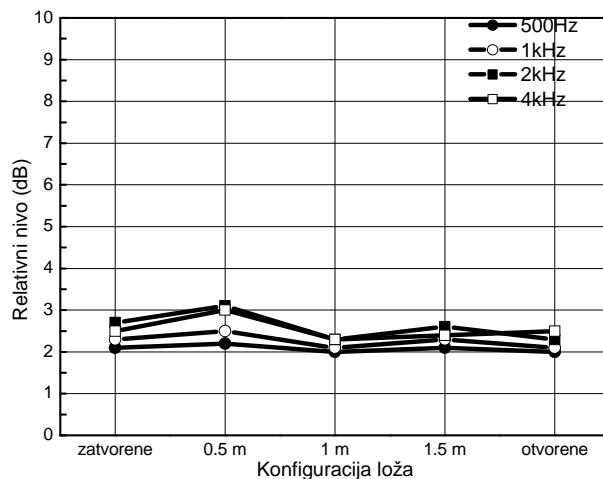
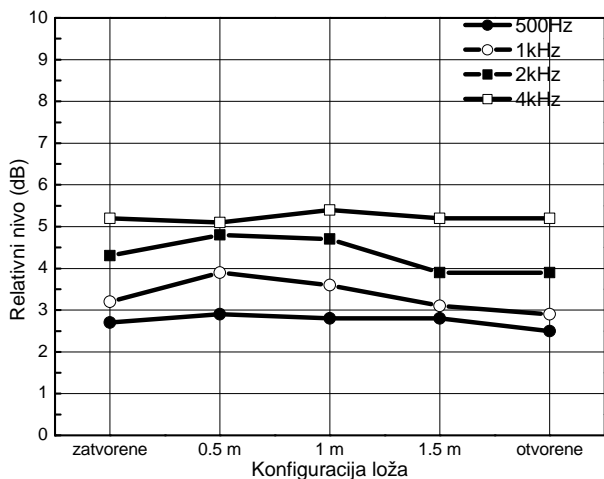


Sl. 3. Pozicije mesta pobude (S) i prijema (R) nacrtane u odnosu na osnovu sale



Sl. 4. Pozicije zadnjeg zida loža za koje je vršeno merenje.

Položaji tačaka u kojima se nalazila zvučna pobuda i merni mikroskop prikazani su na slici 3. U sprovedenoj analizi korišćene su dva mesta pobude na bini i dva mesta pobude u orkestarskoj jami, ali su u ovom radu prikazani samo rezultat analize uticaja loža kada je pobuda na bini. U auditorijumu su korišćena tri pozicije prijema (rezultati dobijeni na označenim mesta prijema na bini i u orkestarskoj jami nisu predmet ovoga rada). Pošto u parcijalnom modelu u fizičkom smislu nije bilo auditorijuma, za pozicioniranje mikrofona korišćen je poseban raster formiran tankim koncem na metalnom ramu kojim su definisana polja (vidljiv na slici 2).



S1.5 Rezultati analize uticaja dubine proscenijumskih loža na relativni odnos energije reflektovanog i direktnog zvuka (vrednosti dobijene merenjem transponovane su na skalu normalnih frekvencija)

Na slici 4 prikazane su pozicije zadnjeg zida loža za koje je vršeno merenje impulsnog odziva. Početni položaj pomičnog zida bio je u krajnjoj prednjoj poziciji, tako da otvor lože bude potpuno zatvoren, a ostali položaji su definisani sa pomeranjem pregrade ka unutrašnjosti lože u koracima po 0,5 m. Krajnji položaj bila je potpuno transparentna loža, bez zadnjeg zida, čime uvedena potpuna apsorpcija zvuka u njoj („otvoren prozor“). Ovaj slučaj odgovara okolnostima kada bi prostor lože bio veoma apsorptivan.

III. REZULTATI ANALIZE

Uticaj dubine proscenijumskih loža na odziv sale analiziran je posmatranjem promena energije refleksija koje od njih stužu pri različitim položajima zadnjeg zida. Pri tome, u svih šest loža promena položaja zadnjeg zida vršena je istovremeno. U snimljenom odzivu izdvajan je direktan zvuka, pa je energija refleksija normalizovana u odnosu na njegovu energiju. Rezultati merenja su prikazani na slici 5. Na ordinati dijagrama prikazane su

varijante dubine lože, od potpuno zatvorenih do potpuno otvorenih, to jest kada su lože transparentne, bez zadnjeg zida. Na ordinati dijagrama je nivo energije refleksija, predstavljen relativno u odnosu na energiju direktnog zvuka, što je po svojoj suštini reverberaciono pojačanje koje u odziv unosi deo sale sa proscenijumskim ložama. Za sve konfiguracije loža analiza je vršena po oktavnim opsezima od 500 Hz do 4 kHz.

Rezultati pokazuju da relativni doprinos refleksija koje nastaju u zoni proscenijumskih loža raste sa frekvencijom. Upoređujući dobijene rezultate po oktavama vidi se da je relativni doprinos prvih refleksija najveći u oktavi na 4 kHz i sukcesivno opada ka nižim oktavama. Sa aspekta akustičkog odziva jedne operske sale opseg frekvencija koji pokrivaju oktave sa centralnim frekvencijama na 2 kHz i 4 kHz je i najznačajniji, jer se u tom opsegu nalazi pevački formant koji doprinosi čujnosti glasa sa bine u prisutvu jačeg orkestarskog zvuka. Odatle proizilazi da je u dizajnu enterijera portalnih loža potrebno izbeći svaki porozni materijal da se ne bi minimizirao njihov koristan uticaj na pevački formant.

Sa prikazanih dijagrama vidi se da doprinos refleksija od proscenijumskih loža varira u zavisnosti od mesta pobude na bini i od mesta u auditorijumu. Njihov apsolutni doprinos je najmanji u prvim redovima partera kada je izvor u prostoru bine (pobuda S2), i tada je relativno pojačanje koje donose te refleksije samo 2-3 dB. Najveći doprinos loža je u zadnjim redovima partera kada se izvor nalazi u zoni portala (S1), i tada je relativno pojačanje 6-9 dB.

Analizirajući efekte koje ima pomeranje zadnjeg zida portalnih loža na energiju prvih refleksija u auditorijumu, sa dijagrama se vidi da je u zadnjem delu sale relativna energija refleksija na 2 kHz i 4 kHz najveća kada je dubina loža 0,5 – 1,0 m, zavisno od pozicije izvora i prijemnika. Za neke posmatrane parove predajnih i prijernih tačaka uočljivo je da pozitivan efekat nastaje potpunim zatvaranjem lože. Može se pretpostaviti da se pri malim dibinama loža postiže izvesna difuznost reflektovane energije, zbog čega je doprinos refleksija veći nego kada su lože potpuno zatvorene.

Prema tome, činjenica koja prizilazi iz rezultata merenja je da smanjivanje dubine loža relativno povećava energiju prvih refleksija u sali za oko 0,5 - 1 dB, koliko je izmereno u oktavama na 2 kHz i 4 kHz.

IV. ZAKLJUČAK

Zahtevi zaštite kulturne baštine, koji su u slučaju opere u Ljubljani ograničili intervencije u proscenijumskim ložama samo na njihovu dubinu, predstavlja opšte mesto pri rekonstrukciji svih istorijskih operski sala. Zbog toga rezultati dobijeni u ovoj analizi nose informacije upotrebljive i za druge slične poduhvate.

Analiza koja je sprovedena na parcijalnom fizičkom modelu proscenijumskih loža opere u Ljubljani pokazala je da postoji relativno značajan uticaj refleksija koje nastaju od ovog dela bočnih površina, i da je taj uticaj u izvesnoj meri funkcija njihove dubine i frekvencije.

Najveća relativna energija refleksija od ovog dela sale je na frekvencijama 2-4 kHz i kada su ove lože plitke, reda veličine 1 m ili manje. Kada su proscenijumske lože veoma duboke, što je bio slučaj u zatečenom stanju sale opere u Ljubljani, i kada se u njima nalazi povećana apsorpcija ljudi i enterijera, energija prvih refleksija može biti do 1 dB manja od maksimalno moguće.

Izmereni efekti koji se postižu promenama dubine proscenijumskih loža nisu numerički iskazano veliki (maksimalno oko 1 dB). Međutim, u tumačenju ovih rezultata treba imati u vidu da se adekvatan akustički kvalitet operske sale ostvaruje kumulativnim dejstvom čitavog niza različitih mera koje se implementiraju na raznim delovima sale. Ovo je posebno značajno u okolnostima akustičke popravke istorijskih sala kada zahtevi zaštite kulturne baštine ne dozvoljavaju proizvoljne intervencije u enterijeru. U takvim okolnostima značajno je svako povećanje energije reflektovanog zvuka koje se postiže nekim promenama na dostupnim pozicijama. Sprovedena merenja su pokazala da je smanjenje dubine loža jedna od takvih mera i da je dubina oko 1 m maksimalna prihvatljiva mera. Sa takvom dubinom moguće je organizovati jedan red sedišta uz samu ogradu lože.

LITERATURA

- [1] J.H.Rindel, "Modeling in auditorium acoustics – from ripple tank and scale models to computer simulations", Forum Acusticum, Seville 2002, Proceedings CD-ROM, paper KL-04
- [2] L.Beranek, "Acoustical modeling as a tool in problem solving", JAES, Vol. 17, No 2 (1969) 151-155
- [3] A.Burd, "Acoustic modeling – design tool or research project?", poglavlje u knjizi "Auditorium acoustics", editor R.Mackenzie, Applied Science Publishers (1975)
- [4] M.Mijić, D.Šumarac Pavlović, "Tehnologija akustičkog dizajna prostorija za muzička izvođenja – iskustva Laboratorije za akustiku ETF", L Konferencija za ETRAN, Beograd, 2006, Zbornik radova
- [5] M.Mijić, D.Šumarac Pavlović, "20 godina tradicije u upotrebi fizičkih modela u akustičkom projektovanju i istraživanju u Laboratoriji za akustiku ETF", TELFOR, Beograd, 2007, Zbornik radova

ABSTRACT

The proscenium boxes have important influence on initial part of impulse response in an opera hall, both at the path singer-auditorium and singer-singer. That is why the design of appropriate geometry of those boxes is very important in general acoustic design of opera hall. During the renovation of Opera hall in Ljubljana some research by measurement on physical model has been made. This paper is concerned with the results of that research.

THE INFLUENCE OF PROSCENIUM BOXES GEOMETRY AT ACOUSTIC RESPONSE IN OPERA HALL

Miomir Mijić, Vojkan Janjić, Dragana Šumarac Pavlović