

# Uticaj difuznosti sale na efektivni koeficijent apsorpcije auditorijuma

Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić

**Sadržaj** — Razvoj softverskih metoda za modelovanje zvučnog polja u prostorijama započet je u Laboratoriji za akustiku Elektrotehničkog fakulteta pre više od dvadeset godina. Bilo je to vreme pre pojave na tržištu prvih softverskih paketa za tu namenu. Danas Laboratorija raspolaže sa trenurno najboljim komercijalno dostupnim paketom za simulaciju zvučnog polja, koji se intenzivno koristi kao važna istraživačka alatka. Jedna od aktuelnih istraživačkih tema u kojima se koristi softversko modelovanje je uticaj geometrijskih karakteristika prostorija na njihov akustički odziv. U ovom radu su prikazani noviji rezultati istraživanja uticaja difuznosti koncertnih i operских sala na vrednost koeficijenta apsorpcije kojom auditorijum efektivno deluje na zvučno polje.

**Keywords**—apsorpcija auditorijuma, akustika prostorija, modelovanje, difuznost.

## I. UVOD

Softversko modelovanje zvučnog polja u prostorijama danas predstavlja jednu savremenu alatku za akustički dizajn prostorija, ali je njen značaj podjednako veliki i u teorijskim istraživanjima u oblasti akustike prostorija. Primena trodimenzionalne simulacije zvučnog polja u prostorijama zasnovane na rej-trejsing algoritimima započinje krajem sedamdesetih i početkom osamdesetih godina prošlog veka. Od tada do danas, posle skoro trideset godina razvoja, u svetu je napravljen i plasiran na tržište veći broj manje ili više kompleksnih i sofisticiranih softverskih paketa, prilagođenih za razne primene u akustici prostorija.

Osamdesetih godina prošlog veka, pod uticajem tada aktuelnih kretanja u razvoju simulacije zvučnog polja, u Laboratoriji za akustiku Elektrotehničkog fakulteta započeo je istraživački rad na modifikacijama i poboljšanjima efikasnosti korišćenih rej-trejsing algoritama [1-4]. Naporedo sa radom na softverskim metodama modelovanja i prvim zaokruženim programima za simulaciju, u Laboratoriji započinje primena softverskih alata za analizu zvučnog polja pri rešavanju raznih realnih problema u oblasti akustike prostorija [5]. Danas Laboratorija raspolaže sa jednim od trenutno

najboljih komercijalnih paketa za simulaciju. Na njegovoj primeni, kao i na paralelnoj primeni fizičkih modela, zasnovan je istraživački rad na analizi uticaja geometrijskih osobina prostorije na njen akustički odziv. U ovom radu su prikazani rezultati jednog segmenta tog obimnog istraživanja koji se odnose na analizu uticaja difuznosti zvučnog polja u koncertnim i operским salama na koeficijent apsorpcije koji ispoljava auditorijum u njima.

## II. GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PROSTORIJA

Geometrijske karakteristike prostorije podrazumevaju dva aspekta: fizički oblik njenog vazdušnog volumena i geometrijske forme na unutrašnjim površinama. Posmatrajući efekte na zvučno polje, ove karakteristike prostorije mogu se prepoznati na makro i mikro nivou. Na makro nivou to su geometrijski atributi čije su dimenzije veće od talasne dužine, i oni podrazumevaju globalnu geometrijsku formu prostorije. Na mikro nivou su geometrijski atributi čije su dimenzije poredljive sa talasnom dužinom ili manje od nje. Oni određuju karakter interakcije zvučne energije i unutrašnjih površina i tako utiču na prostornu raspodelu kretanja zvučne energije.

Unutrašnji oblik prostorije je višedimenzionalni atribut. Uobičajeno je da se on kvalifikuje opisnim ocenama u odnosu na definisane krajnosti, kao što su: proporcionalan - disproporcionalan, pravilan - nepravilan i slično. Jednostavne paralelopipedne forme mogu se opisivati odnosom stranica, ali to nije primenjivo u opštem slučaju.

Mikro nivo geometrije prostorije odnosi se na strukturu refleksionih površina i definisan je njihovom geometrijom. Uticaj mikro nivoa geometrijskih osobina prostorije na akustički odziv fizički se realizuje načinom na koji se odvijaju refleksije zvučnih talasa. Modeluje se koeficijentom difuznosti refleksija (*scattering coefficient*).

Prethodni radovi ovih autora posvećeni su sistematskom istraživanju uticaja geometrijskih karakteristika prostorija na akustički odziv [6,7,8]. Istraživanje je bazirano na simulaciji zvučnog polja u 52 modela prostorija različitih geometrijskih karakteristika rej trejsing metodom. Simulacija je vršena u okolnostima minimizirane apsorpcije, a varijacije odziva praćene su odstupanjem vrednosti vremena reverberacije u odnosu na statistički očekivanu vrednost. Dobijeni rezultati dali su dokaz o značajnom uticaju geometrije prostorije na

Dragana Šumarac Pavlović, Elektrotehnički fakultet, Beograd, [dsumarac@etf.bg.ac.yu](mailto:dsumarac@etf.bg.ac.yu)

Miomir Mijić, Elektrotehnički fakultet, Beograd, [emijic@etf.bg.ac.yu](mailto:emijic@etf.bg.ac.yu)

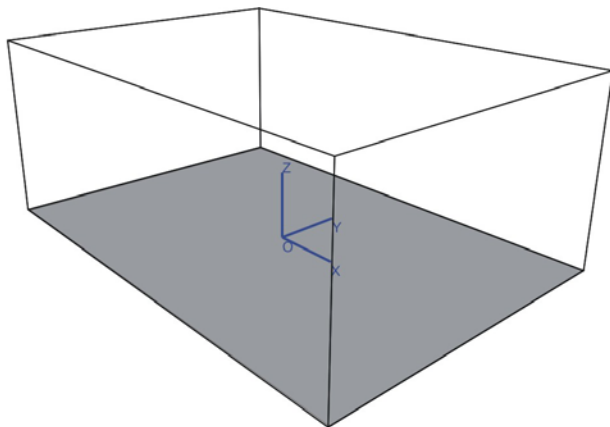
njen akustički odziv, pre svega na vreme reverberacije. Rezultati su takođe otkrili da postoji združeni uticaj geometrije na makro i na mikro nivou, i da se njihov uticaj ne može posmatrati odvojeno.

Uticaj geometrijskih osobina prostorije realizuje se preko strukture putanja zvučne energije, što se može kvantifikovati raspodelom dužina slobodnih putanja. Pokazano je da globalni oblik krive ove raspodele zavisi od forme prostora, a da se promena u mikro geometriji manifestuje određenim modifikacijama tog oblika. Analiza je takođe pokazala da povećanje difuznosti refleksija u prostorijama različitih formi može imati za posledicu smanjenje ili povećanje vremena reverberacije. Način na koji će zvučno polje u prostoriji reagovati na promene difuznosti refleksija zavisi od njene opšte geometrijske forme.

Ova konstatacija ima važne implikacije na akustički dizajn operских i koncertnih sala. U ovom radu je kroz nekoliko posebno organizovanih eksperimenata pokazano kakav može biti uticaj geometrijskog oblika sale na efektivni koeficijent apsorpcije auditorijuma. Cilj eksperimenta je bio da se utvrdi kakav uticaj može imati ista količina apsorpcije u tri forme sala sa različitim mikro i makro geometrijskom strukturom.

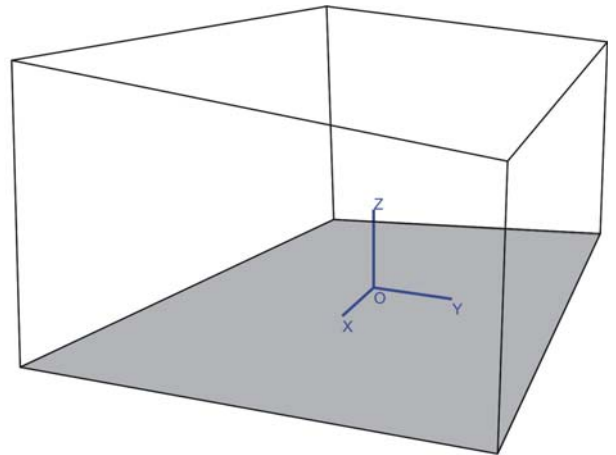
### III. MODELI PROSTORIJA KORIŠĆENI U ANALIZI

Analiza uticaja apsorpcije auditorijuma u salama različitog oblika testirana je u tri različita modela. Njihov izgled je prikazan na slikama 1, 2 i 3. Osenčena površina u svakom modelu prikazuje poziciju apsorpcije, odnosno auditorijuma. Za svaki model izvršena je simulacija globalne krive opadanja rej trejsing metodom za jednu poziciju zvučnog izvora. Na osnovu te krive izračunato je vreme reverberacije.

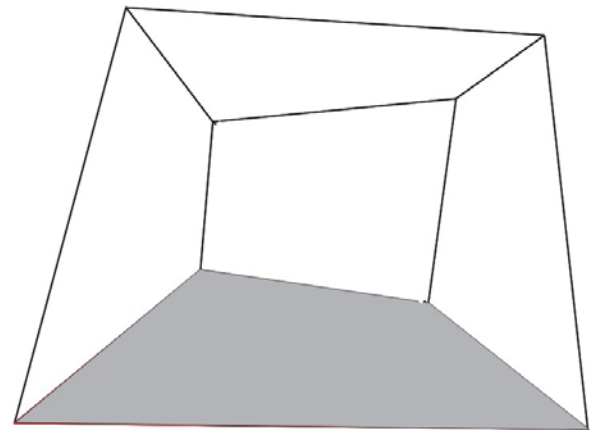


Slika 1. Model 1 je pravilne paralelopipedne forme. Osenčenom površinom označen je auditorijum.

Model 1 je klasičnog paralelopipednog oblika, koji se često sreće kod operских i koncertnih sala. Modeli 2 i 3 izvedeni su iz ovog osnovnog paralelopipednog modela deformacijama u paralelizmu i simetriji stranica. Razlika između modela 2 i 3 je u stepenu uvedenih deformacija.



Slika 2. Model 2 je blago deformisana paralelopipedna forma. Osenčenom površinom označen je auditorijum.



Slika 3. Model 3 je u osnovi paralelopipedna forma sa značajno narušenim paralelizmom i simetrijom. Osenčenom površinom označen je auditorijum.

U sva tri modela pretpostavljeno je da je rezidualna apsorpcija minimalna. U tom smislu svim površinama, osim na poziciji auditorijuma, dodeljena je vrednost koeficijenta apsorpcije 0.1, što je skladu sa realnim minimumom.

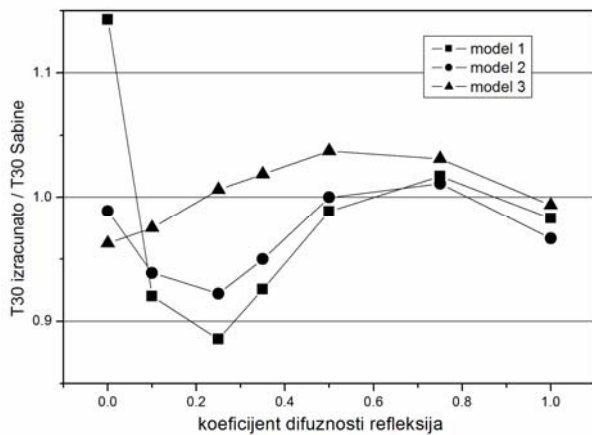
Geometrijske karakteristike na mikro nivou u sve tri posmatrane sale modelovane su kontrolom koeficijenta difuznosti refleksija  $g$ . Kao i u slučaju koeficijenta apsorpcije, pretpostavljeno je da je koeficijent difuznosti uniformno raspoređen po svim unutrašnjim površinama.

### IV. TESTIRANJE GLOBALNOG GEOMETRIJSKOG UTICAJA

Vrednosti vremena reverberacije u sva tri analizirana modela funkcija je njihovih geometrijskih karakteristika na oba nivoa. Ovaj fenomen analiziran je u prethodnim radovima, a u okviru ovog eksperimenta na početku je izvršena identifikacija takvog uticaja za slučaj analiziranih sala. U tom smislu, auditorijum je uklonjen i na svim površinama je pretpostavljena minimalna apsorpcija da bi se maksimalno potencirao uticaj geometrijskih osobina.

Vreme reverberacije u sva tri modela izračunato je za sedam vrednosti koeficijenta difuznosti (0;0.1;0.25; 0.35;0.5;0.75 i 1) koje su uniformno raspoređene po svim unutrašnjim površinama. Vreme reverberacije izračunato je za sedam oktavnih opsega (od 125 Hz do 8 kHz). Za sva tri modela takođe su izračunate vrednosti vremena reverberacije Sabinovim obrascem. Tako dobijena vrednost iskorićena je za normalizaciju vremena reverberacije dobijenog simulacijom za svaki model. Vrednost 1 normalizovanog vremena reverberacije znači da se Sabinova vrednost i vrednost dobijena simulacijom poklapaju, a vrednosti različite od jedan ukazuju na odstupanje izračunatog akustičkog odziva od statistički očekivanog.

Normalizovane vrednosti vremena reverberacije izračunate za tri modela i sedam različitih vrednosti koeficijenta difuznosti  $g$  prikazane su na slici 4. Prikazane su vrednosti za oktavni frekvencijski opseg 500 Hz



Slika 4. Normalizovane vrednosti vremena reverberacije za tri sale bez auditorijuma kao funkcija promene koeficijenta difuznosti unutrašnjih površina

Dijagram na slici 4 ilustruje dve važne činjenice. Prvo, u sve tri sale vrednost vremena reverberacije menja se s promenom difuznosti zidova. Te varijacije u odnosu na statistički očekivane vrednosti idu u oba pravca. Za manji procenat difuzno raspršene energije ( $g < 0.5$ ) izračunate vrednosti vremena reverberacije u modelima 2 i 3 su manje nego za velike vrednosti  $g$ . Drugo, u uslovima približno iste zapremine i iste materijalizacije površina promene vrednosti vremena reverberacije pod uticajem promene u difuznosti zavise od globalnog oblika sale.

## V. RASPODELA SLOBODNIH PUTANJA U ANALIZIRANIM MODELIMA

Prethodna analiza pokazala je da postoji združen uticaj makro i mikro geometrijskih karakteristika na vreme reverberacije u analiziranim salama. Kvantifikator koji objedinjuje oba nivoa geometrijskog uticaja je statistička raspodela dužina slobodnih putanja (DSP). Ansambl svih mogućih putanja zvučne energije određen je geometrijom prostorije i ne zavisi od njene veličine. Raspodela DSP može se izračunati u procesu simulacije zvučnog polja rej

trejsing metodom. Sudbine svih zraka generisanih u simulaciji, koje se prate kroz veći broj refleksija, superponiraju se kako bi se dobila statistička raspodela DSP.

Na slikama 5, 6 i 7 predstavljene su izračunate raspodele DSP za tri posmatrana modela sala. U svakoj od njih raspodele je izračunata za sedam različitih vrednosti koeficijenta difuznosti refleksija. Uzimajući u obzir razlike u geometrijskom obliku modela i dobijene raspodele su različite. Da bi se omoćilo njihovo poređenje, raspodele DSP su normalizovane u odnosu na najdužu putanju u datom prostoru  $L_{max}$ . Sa ovakvom normalizacijom raspodele u svim prostorima transformišu se u opseg (0,1) na osi dužina slobodnih putanja.

Zajednička karakteristika svih raspodela DSP je pojava jednog ili više lokalnih maksimuma. Oni označavaju da postoji nagomilavanje slobodnih putanja u jednom ili više uskih intervala dužina. Broj takvih maksimuma funkcija je kompleksnosti oblika sale. Raspodele se takođe razlikuju po verovatnoći pojave veoma kratkih ili veoma dugih putanja. Sve ove karakteristike imaju izvestan uticaj na globalni akustički odziv u sali.

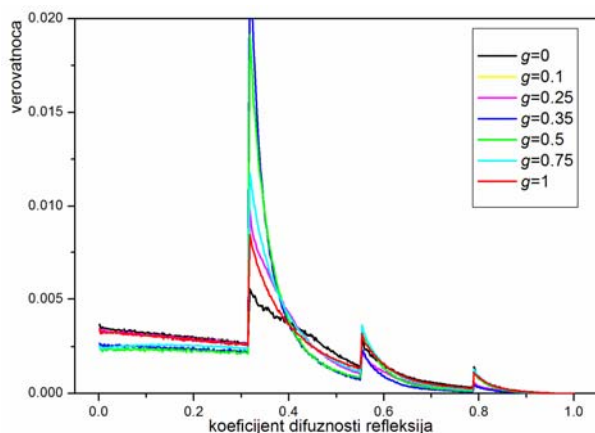
Lokalni maksimumi se javljaju u dva oblika: kao simetrični ili nesimetrični, što opet zavisi od geometrijskih karakteristika sale. Paralelne stranice daju nesimetrične maksimume u raspodeli na dužinama koje odgovaraju razmaku između tih paralelnih stranica. To vodi ka nagomilavanju putanja koje su jednake ili duže od tog razmaka.

Paralelopipedna forma koja odgovara modelu 1 ima tri veoma izražena nesimetrična maksimuma što je prikazano na slici 5. U ovoj prostoriji postoji veoma izraženo nagomilavanje putanja sa dužinama koje odgovaraju rastojanju najvećih stranica u modelu. Raspodele u modelima 2 i 3, koji nemaju paralelnih stranica, prikazane su na slikama 6 i 7. Vidi se da njihove raspodele imaju simetrične maksimume.

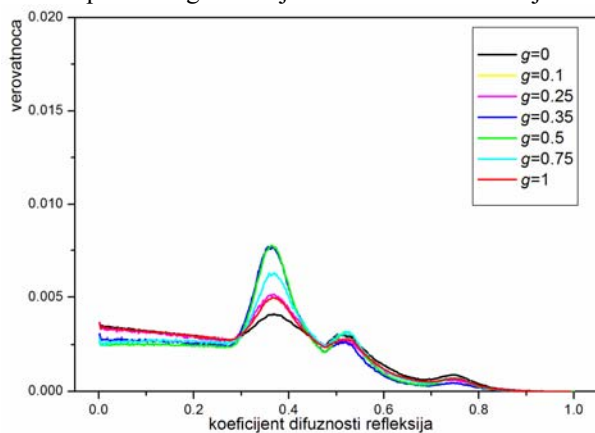
Prikazani grafici pokazuju da se globalni oblik raspodele DSP ne menja sa promenom uniformno raspoređenog koeficijenta difuznosti refleksija, ali se menjaju relativni odnosi verovatnoća u pojedinim intervalima dužina putanja. Promenama na mikro nivou geometrije preusmeravaju se tokovi kretanja zvučne energije po prostoriji u određenom obimu, što rezultuje lokalnim promenama na raspodeli DSP.

Mnogo kompleksnije preusmeravanje zvučne energije dobija se neuniformnom raspodelom difuznosti po prostoriji, što je prikazano u radu [8]. Efekat neuniformno raspoređene apsorpcije nije razmatran u ovome radu, ali je analiziran u nekim praktičnim okolnostima [9].

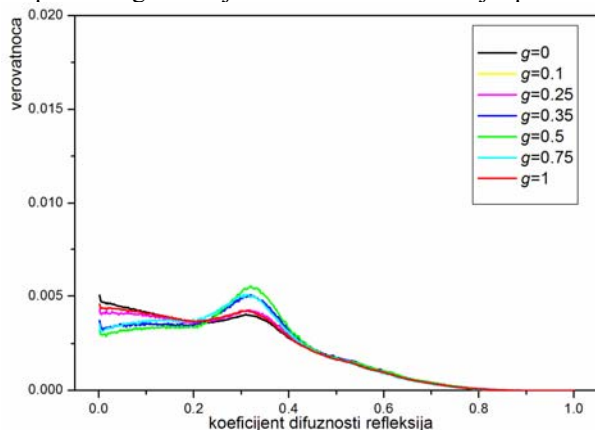
Rezultati su potvrdili da u različitim geometrijskim formama sala postoje različite strukture kretanja zvučne energije. Promena difuznosti na zidovima i tavanici će u određenoj meri da promeni kretanje energije. Posledica toga je da auditorijum može u okolnostima različite difuznosti u sali imati različitu efektivnu apsorpciju, što je opet uslovljeno i globalnom formom prostora.



**Slika 5.** Raspedela slobodnih putanja za model 1. Raspedele su izračunate za sedam vrednosti uniformno raspoređenog koeficijenta difuznosti refleksija.



**Slika 6.** Raspedela slobodnih putanja za model 2. Raspedele su izračunate za sedam vrednosti uniformno raspoređenog koeficijenta difuznosti unutrašnjih površina.



**Slika 7.** Raspedela slobodnih putanja za model 3. Raspedele su izračunate za sedam vrednosti uniformno raspoređenog koeficijenta difuznosti unutrašnjih površina.

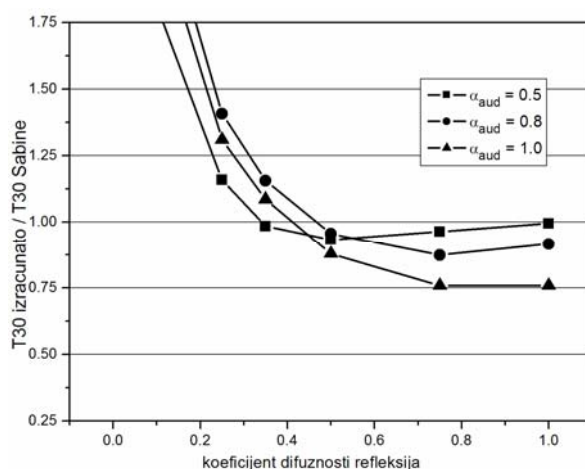
## VI. ANALIZA VREMENA REVERBERACIJE U POSMATRANIM MODELIMA

Promene u tokovima kretanja zvučne energije po prostoriji pri promeni forme refleksija imaju opštu posledicu na efikasnost unetih apsorpcionih materijala. Samim tim, to mora imati posledice i na apsorpciono ponašanje auditorijuma u koncertnim salama. Da bi se

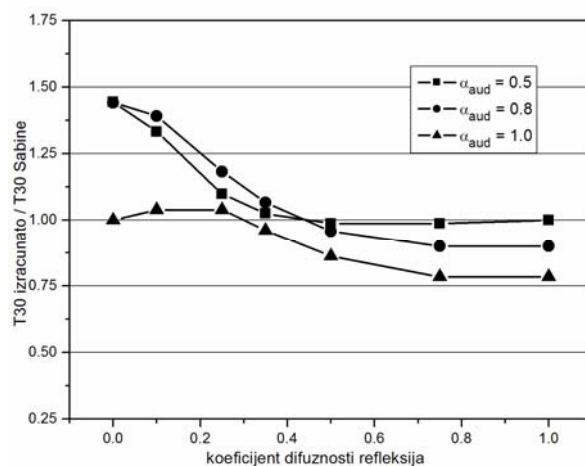
ispitao taj efekat napravljen je eksperiment u kome su auditorijumu u sva tri modela dodeljivane tri vrednosti koeficijenta apsorpcije: 0.5, 0.8 i 1. Svim ostalim površinama u sali zadržane su minimalne vrednosti koeficijenta apsorpcije 0.1.

Simulacija zvučnog polja izvršena je u sva tri modela za sedam različitih vrednosti koeficijenta difuznosti refleksija. Vrednosti vremena reverberacije u njima izračunate su na osnovu globalne krive opadanja.

Na slikama 8, 9 i 10 prikazana su dobijena odstupanja vremena reverberacije u modelima od statistički očekivanih vrednosti u funkciji promene koeficijenta difuznosti refleksija. Prikazane su vrednosti izračunate u oktavnom opsegu na 500 Hz. Na svakom grafiku prikazane su tri krive koje odgovaraju odzivu za tri vrednosti koeficijenta apsorpcije auditorijuma.



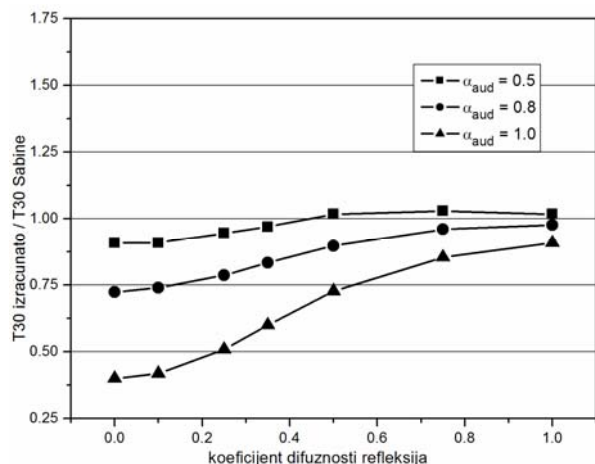
**Slika.8.** Normalizovano vreme reverberacije u modelu 1 kao funkcija koeficijenta difuznosti refleksija za tri različite vrednosti koeficijenta apsorpcije auditorijuma.



**Fig.9.** Normalizovano vreme reverberacije u modelu 2 kao funkcija koeficijenta difuznosti refleksija za tri različite vrednosti koeficijenta apsorpcije auditorijuma.

Sa prikazanih grafika jasno se vidi da promene u odzivu, odnosno promene vremena reverberacije u odnosu na statistički očekivane vrednosti zavisi od globalne forme prostorije. Međutim, promenom prirode

refleksija na graničnim površinama, to jest promenom mikro geometrijskih karakteristika, ova odstupanja idu u različitim pravcima.



**Fig.10.** Normalizovano vreme reverberacije u modelu 3 kao funkcija koeficijenta difuznosti refleksija za tri različite vrednosti koeficijenta apsorpcije auditorijuma.

U modelu 1 koji se odlikuje visokim stepenom simetrije i velikim paralelnim stranicama obvojnica impulsnog odziva značajno odstupa od eksponencijalnog toka. To je posledica nehomogenog kretanja zvučne energije pri malim vrednostima koeficijenta difuznosti refleksija Taj fenomen prisutan je i u uslovima male srednje apsorpcije, ali se pojačava u prisustvu koncentrisane apsorpcije. Tek pri velikim vrednostima koeficijenta difuznosti refleksija vreme reverberacije se približava vrednostima koje su statistički očekivane.

Kada je sali narušena simetrija, odstupanja vremena reverberacije od statistički očekivanih su znatno manja, čak i za male vrednosti koeficijenta difuznosti refleksija. Očigleno je da tada sam oblik po sebi unosi veći stepen difuznosti.

Kao posledica nepravilnosti globalne forme u modelu 3 nema koncentrisanja zvučne energije između naspramnih površina, a istovremeno postoji povećana verovatnoća kraćih putanja zvuka. Kao posledica ove dve činjenice u njemu češće dolazi do interakcije zvuka sa površinama, pa tako i bržeg smanjenja energije. To kao posledicu ima smanjivanje vremena reverberacije u odnosu na vrednost koja se dobija Sabinovom formulom. Što je veća apsorpcija auditorijuma, taj efekat je izraženiji.

## VII. EFEKTIVNI KOEFICIJENT APSORPCIJE AUDITORIJUMA

U prethodnom poglavlju pokazano je da vreme reverberacije varira u odnosu na statistički očekivane vrednosti u uslovima kada se u prostoriji nalazi povećana koncentrisana apsorpcija kao što je to auditorijum. Slike 8, 9 i 10 pokazuju da se te varijacije kreću u širokom dijapazonu u odnosu na statistički očekivane vrednosti. Kao posledica, procena uticaja auditorijuma na promenu energetskih pokazatelja polja, kao što je vreme reverberacije, ne može se znati bez kompleksnog

posmatranja prostorije uzimajući u obzir njenu makro i mikro geometrijsku strukturu.

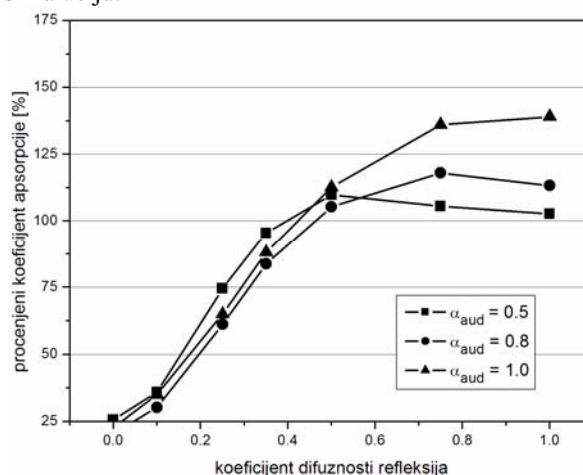
Interesantno je posmatrati kako bi se na osnovu merenja, odnosno simulacije zvučnog polja u uslovima bez auditorijuma i sa postavljenim auditorijumom procenila vrednost njegovog koeficijenta apsorpcije. Da bi se pokazalo u kojim granicama mogu da variraju efektivne vrednosti koeficijenta apsorpcije u sali, izvedena je analiza prema standardom definisanoj proceduri za merenje koeficijenta apsorpcije u reverberacionim komorama. U ovom slučaju umesto vrednosti vremena reverberacije koje su dobijene merenjima za slučaj prazne prostorije i prostorije sa unetom apsorpcijom korišćeni su rezultati simulacije u tri modela sala.

Simulacija je za svaki model ponovljena za sedam vrednosti koeficijenta difuznosti refleksija i za tri vrednosti koeficijenta apsorpcije auditorijuma (0.5, 0.8 i 1.0). Koeficijent apsorpcije koji u sali ispoljava auditorijum određen je po standardu na osnovu formule:

$$\alpha_{aud} = \frac{0.16V}{S_{aud}} \left( \frac{1}{T_{aud}} - \frac{1}{T_1} \right) + \alpha_{0.1}$$

gde je  $T_1$  vreme reverberacije kada sve površine imaju isti koeficijent apsorpcije  $\alpha=0.1$ ,  $T_{aud}$  je vreme reverberacije kada se u prostoriju postavi apsorbujuća površina koja simulira auditorijum, čiji je koeficijent apsorpcije 0.5, 0.8 i 1.

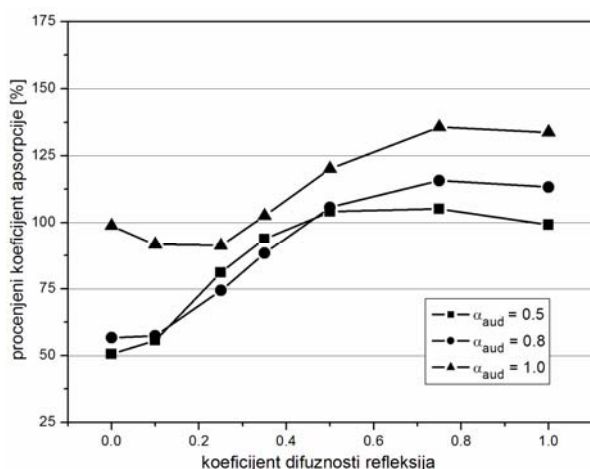
Na slikama 11, 12 and 13 prikazani su rezultati procene apsorpcione efikasnosti auditorijuma u tri analizirana oblika sala. Na graficima su prikazane vrednosti u procentima, normalizovane u odnosu na nominalnu vrednosti apsorpcije auditorijuma sa kojima se ušlo u simulaciju.



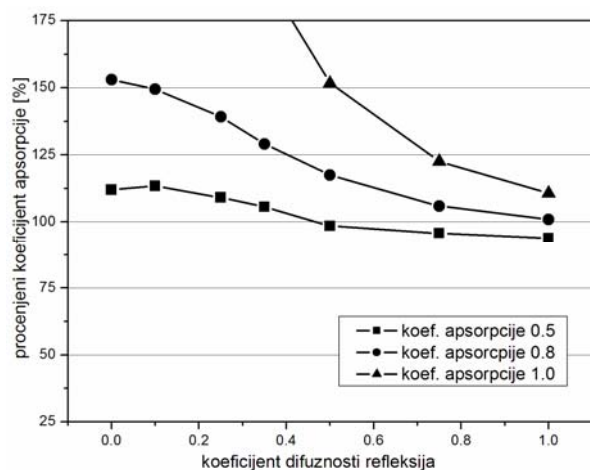
**Fig.11.** Izračunate vrednosti koeficijenta apsorpcije auditorijuma u modelu 1 u funkciji promene koeficijenta difuznosti refleksija unutrašnjih površina.

Analiza je pokazala je da pri određivanju koeficijenta apsorpcije, odnosno proceni apsorpcije auditorijuma na osnovu prethodno izmerenog koeficijenta apsorpcije uzorka auditorijuma u reverberacionoj komori, mogu da se naprave greške u opsegu većem od  $\pm 50\%$  u odnosu na stvarne vrednosti koje površina auditorijuma u datim okolnostima ispoljava.

Tek sa ostvarenim visokim stepenom difuznosti u sali postižu se uslovi za tačnije određivanje koeficijenta apsorpcije, odnosno apsorpcioni materijali tada ispoljavaju svoja nominalna svojstva kao u reverberacionim komorama.



Slika 12. Izračunate vrednosti koeficijenta apsorpcije auditorijuma u modelu 2 u funkciji promene koeficijenta difuznosti refleksija unutrašnjih površina.



Slika 13. Izračunate vrednosti koeficijenta apsorpcije auditorijuma u modelu 3 u funkciji promene koeficijenta difuznosti refleksija unutrašnjih površina.

## VIII. ZAKLJUČAK

Ovaj rad sadrži prikaz rezultata analize uticaja koji geometrijske karakteristike sale imaju na efikasnost apsorpcije auditorijuma. Geometrijski atributi prostorije posmatrani su na dva nivoa: na makro nivou, to jest na nivou globalnog oblika prostora, i na mikro nivou, koji obihvata geometriju reljefa refleksionih površina, i koji određuje prirodu refleksija na njima. Analiza je izvedena uz pomoć rej trejsing simulacije u tri sale različitog geometrijskog oblika. Rezultati su potvrdili postojanje uticaja geometrijskih osobina sale na apsorpciju

auditorijuma. Zaključeno je da se ovaj uticaj ostvaruje kroz strukturu putanja kojima se kreće zvučna energija po prostoru, što se može kvantifikovati raspodelom DSP.

Rezultati prikazani u radu potvrdili su da postoji udruženi uticaj geometrije sale na makro i mikro nivou, zbog čega se oni ne mogu posmatrati nezavisno. Analiza je pokazala da povećanje difuznosti zvučnog polja u salama različitih oblika može proizvesti povećanje, a u nekim i smanjenje vremena reverberacije sa istim auditorijumom.

## REFERENCE

- [1] M.Merkle, M.Mijić, "Some ray tracing algorithms and their comparisons", XII ICA, Toronto 1986, Proceedings, Vol II, E12-4
- [2] M.Mijić, M.Merkle, "Softver za dvodimenzionalnu "Ray-tracing" analizu", XXXI Jugoslovenska konferencija ETAN-a, Bled 1987, Zbornik radova VI.149-156
- [3] M.Mijić, M.Merkle, "Simulacija zvučnog polja pomoću dvodimenzionalne "Ray-tracing" metode", XI Simpozijum iz informatike JAHORINA '87, saopštenje 295-1
- [4] M.Merkle, M.Mijić, "Neke modifikacije osnovnog algoritma za "Sound Ray-Tracing" analizu", XXX Jugoslovenska konferencija ETAN-a, Herceg-novi 1986, Zbornik radova, VI.141-148
- [5] H.Kurtović, M.Mijić, "Uticaj usmerenosti izvora na nivo zvuka u spregnutim prostorijama", XXX Jugoslovenska konferencija ETAN-a, Herceg-Novi 1986, Zbornik radova, VI. 133-140
- [6] D.Šumarac Pavlović, M.Mijić, "An insight into the influence of geometrical features of rooms on their acoustic response based on free path length distribution", Acta Acustica, Vol 92, No 6 (2007) 1012-1026.
- [7] D.Šumarac Pavlović, "Uticaj geometrijskih karakteristika prostorije na njen akustički odziv", doktorska disertacija, Elektrotehnički fakultet, Beograd, 2007.
- [8] D.Šumarac Pavlović, M.Mijić, "Distribution of free path length as an indicator of the room shape and diffusion of reflections", Forum Acusticum, 2005.
- [9] [3] M.Mijić, D.Šumarac Pavlović, "Acoustic redesign of the Opera hall in SNG Maribor", 3rd Congress of the Alps Adria Acoustics Association, 2007.

## ABSTRACT

Development of software tools for sound field modelling in Acoustics Laboratory ETF has begun before more than twenty years. It was before the first commercial packages appeared at the market. Today the Laboratory has one of the best commercially available software for sound field simulation, which is intensively used as an important tool in research. One of the contemporary research topic where software modelling has important role is influence of room geometrical feature on its acoustic response. This paper is concerned with some new results in research of concert hall diffusivity impact on effective absorption coefficient auditorium influences the sound field.

## INFLUENCE OF DIFUSIVITY IN HALL ON EFFECTIVE ABSORPTION COEFICIENT OF AUDITORIUM

Dragana Šumarac Pavlović, Miomir Mijić