

Razumljivost govora u školskim učionicama

Dilberović, Mario

Master's thesis / Diplomski rad

2017

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Education and Rehabilitation Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:158:494661>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-13**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Education and Rehabilitation Sciences - Digital Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu

Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad

Razumljivost govora u školskim učionicama

Mario Dilberović

Zagreb, 13. lipanj 2017.

Sveučilište u Zagrebu
Edukacijsko-rehabilitacijski fakultet

Diplomski rad
Razumljivost govora u školskim učionicama

Mario Dilberović

prof.dr.sc. Mladen Hedjever

Zagreb, 13. lipanj 2017.

SAŽETAK

Govor je vodeći način poučavanja u svim ustanovama formalnog i neformalnog obrazovanja. Poučavanje je uglavnom vezano uz učionice te je vrlo važno osigurati dobru razumljivost govora u svim dijelovima učionice jednako. Loša razumljivost govora može dovesti do lošijeg razumijevanja prezentiranog sadržaja i lošijih akademskih postignuća. Cilj ovog istraživanja jest istražiti kakva je razumljivost govora u školskim učionicama odnosno kako utječe udaljenost slušača od govornika na razumljivost govora, postoji li razlika u razumljivosti između učionica bližih odnosno udaljenijih od prometnica, je li razumljivost govora lošija u učionicama s višom razinom buke te dobivene rezultate usporediti s važećim zakonskim normama, Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave te pedagoškim standardima. Uz pomoću uređaja Verifier, načinjen je niz mjerenja, a statističkom analizom potvrđeno je da se razumljivost govora smanjuje s udaljenošću od govornika.

Također, utvrđeno je kako razina buke u većini učionica premašuje dopuštene vrijednosti definirane Pravilnikom. Također potvrđeno je kako se povećanjem buke smanjuje razumljivost govora. Istraživanjem nije utvrđena statistički značajna povezanost između udaljenosti učionice od prometnice i razumljivosti govora, osim u jednoj točki mjerenja. Dobivena mjerenja daju naslutiti da učenik u prosjeku ne razumije svaku desetu riječ, a to može značajno utjecati na usvajanje predmetnog gradiva.

Ključne riječi: razumljivost govora, Speech transmission Indeks, buka, učionica

SUMMARY

Speech is leading method of teaching mostly in all institutions of formal and nonformal education. Teaching usually takes place in classroom and therefore is important to insure good speech intelligibility in all parts of classrooms equally. Poor speech intelligibility can lead to bad comprehension of teaching materials and consequently to poor academic performance. Purpose of this research is to explore what's degree of speech intelligibility in classrooms, which impact have distance between teacher and student and to determine is there difference among classrooms which are closer or further from street and to see is there correlation between high intensity of noise and poor speech intelligibility and put the results in applicable regulations of noise levels. Using device Verifier we made measurements and statistical analysis showed that speech intelligibility decreases with distance from the teacher. Also, results show that in most of classroom, noise level is above the permitted level prescribed in «Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave».

Also results shows that higher noise affects speech intelligibility decreasing it. In the research isn't spotted correlation among classroom distance from the street with speech intelligibility, except in one measure point. The resulting measures give's us opinion that student in average don't understand each 10 word and that can significantly affect on learning.

Key words: speech intelligibility, Speech transmission Index, noise, classroom

Izjava o autorstvu

Potvrđujem da sam osobno napisao/napisala rad **Razumljivost govora u školskim učionicama** i da sam njegov autor/autorica.

Svi dijelovi rada, nalazi ili ideje koje su u radu citirane ili se temelje na drugim izvorima jasno su označeni kao takvi te su adekvatno navedeni u popisu literature.

Ime i prezime: Mario Dilberović

Mjesto i datum: Velika Gorica, 13. lipnja 2017.

Sadržaj rada

SAŽETAK
SUMMARY
Izjava o autorstvu.....
1. UVOD	1
1.1. SOURCE – FILTER MODEL.....	1
1.2. AKUSTIČKI PARAMETRI ZVUKA.....	3
1.3. RAZUMLJIVOST GOVORA.....	5
1.3.1. Razina buke.....	6
1.3.2. Udaljenost slušača od govornika	8
1.3.3. Glasnoća govora	9
1.3.4. Vrijeme reverberacije (odjeka)	9
1.4. METODE PROCJENE/ISPITIVANJA RAZUMLJIVOSTI GOVORA.....	10
1.4.1. Subjektivne metode procjene razumljivosti govora	10
1.4.2. Objektivne metode procjene razumljivosti govora	11
1.5. RAZUMLJIVOST GOVORA U UČIONICAMA	13
2. CILJ RADA	15
3. HIPOTEZE	16
4. METODE RADA	17
4.1. NAČIN PROVOĐENJA ISTRAŽIVANJA.....	17
4.2. UZORAK	17
4.3. MJERNI INSTRUMENT.....	18
4.4. VARIJABLE ISTRAŽIVANJA.....	19
4.5. METODE OBRADE PODATAKA	20
5. REZULTATI I RASPRAVA	21
5.1. DESKRIPTIVNA STATISTIKA	21
5.2. ANALIZA S OBZIROM NA UDALJENOST UČIONICA OD ULICE	26
5.3. ANALIZA S OBZIROM NA ETAŽU UČIONICA	27
5.4. ANALIZA INTELIGIBILITETA U UČIONICAMA	28
5.5. ANALIZA RAZINE BUKE S OBZIROM NA ETAŽU UČIONICE.....	30

5.6. KORELACIJSKA ANALIZA	31
6. ZAKLJUČAK	32
7. LITERATURA	34

1. UVOD

Kako bismo mogli raspravljati o razumljivosti govora i parametrima koji na razumljivost govora utječu važno je proučiti način nastanka i proizvodnje ljudskog glasa i govora te njegove akustičke karakteristike.

Mnogi znanstvenici i dalje su u potrazi za trenutkom kada je čovjek «progovorio» u svrhu komunikacije i kompleksnosti lingvističke forme. Iz paleontološke perspektive, prvi fosilni nalazi ljudskih predaka potpuno evoluirane za govor sežu u razdoblja gornjeg paleolitika (prije 50 000 godina). (Lieberman, 2007).

Prema Lieberman (2007) svi kopneni sisavci, pa tako i čovjek, vokaliziraju filtriranjem akustične energije na putu zraka kroz zračni prolaz (rezonantnu kutiju). Ključna promjena u vokalnom traktu koja je današnjeg čovjeka evolucijski odijelila od ostalih sisavaca jest promjena u zaobljenju stražnjeg dijela jezika te njegovo spuštanju u ždrijelo. Upravo činjenica kako su promjene u jeziku značajno važnije od onih u ždrijelu, vidljiva je po izgledu vokalnog trakta drugih sisavaca poput čimpanzi koje imaju spuštenu ždrijelo. No, u svim navedenim vrstama uočljivo je kako je jezik fiksiran u ustima te ne silazi u ždrijelni dio vokalnog trakta.

Povijesno, glas se često povezuje metodom s otiskom prsta kao jedinstvenim i neponovljivim za svakog pojedinca ponaosob. No prema Heđeveru (2009) temeljem analize uzorka ljudskog glasa nije moguće identificirati pojedinca i povezati ga s njegovim identitetom budući da ljudski glas nije konstantan i statičan poput otiska prsta, no moguće je analizom vršiti distinkciju (razlikovanje) izvornog glasa i naknadno snimljenog glasa (istog govornika) za potrebe analize. Ova metoda često se koristi u forenzičkoj akustici pri analizama glasova počinitelja teških kaznenih djela, no to nije tema ovog diplomskog rada.

1.1. SOURCE – FILTER MODEL

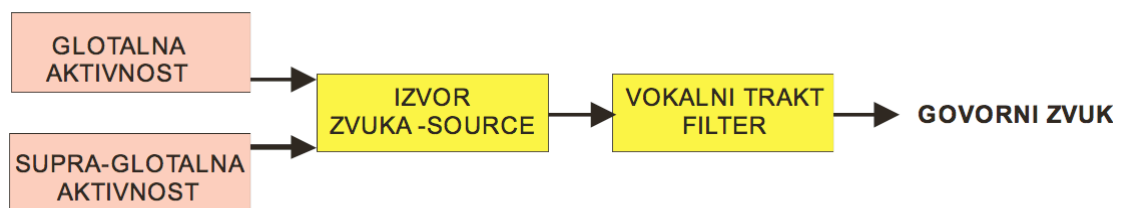
Prema Heđever (2012) moderna znanost, govor pokušava objasniti kao seriju akustičkih signala koji pod utjecajem rezonantnih šupljina vokalnog trakta tvore izlazni govorni signal. Ovakvo tumačenje zastupa teorija poznata kao «Linear source-filter theory»

prema kojoj se jednostavan osnovni (laringealni) ton uslijed prijenosne funkcije vokalnog trakta, modificirani u spektralni oblik složenog zvuka. (Fant, 1981)

U akustici se vokalni trakt često uspoređuje s vokalnom tubom. Steavens i House (1955) su za samoglasnike razvili takozvani tro-parametarski model vokalnog trakta koji se zasniva na mjestu sužavanja, veličini suženog prolaza i odnosu otvora usta i dužine vokalnog trakta.

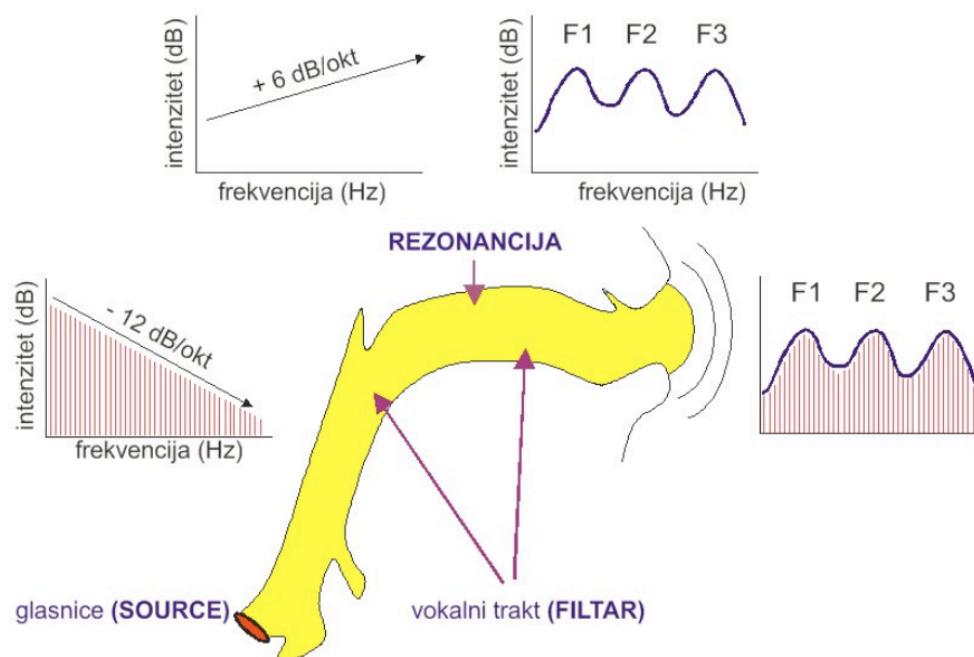
Prema Heđeveru (2012) zvuk na glasnicama nastaje na dva načina i sastoji se od dvije komponente, one areovibratorne gdje glasnice titraju i proizvode osnovni ton s višim harmonicima i aeroturbulentne komponente, šum koji nastaje prolaskom zraka kroz larinks.

Glas na glasnicama je izvor (Source). Vokalni trakt i usne šupljine iznad larinksa, prema Source-Filter modelu nazivaju se filter. Filter zbog efekta rezonancije, izvornom laringealnom zvuku daje konačnu boju i intenzitet prigušivanjem ili pojačavanjem određenih frekvencija.



Slika 1 Source - filter model govorne produkcije (Heđever, 2012)

“U vokalnom traktu nalazi se stupac zraka na kojem se stvaraju longitudinalni valovi. Na mjestu svakog trbuha stvarat će se pojačana rezonancija a na mjestu čvorova prigušenje. Pojačana rezonancija formirat će govorne formante. Na slici su prikazani primjeri kako se u tubi (ili vokalnom traktu) s otvorenim jednim krajem formiraju čvorovi i trbusi.” (Heđever, 2012)



Slika 1 Source - filter model (Hedjever, 2012)

Govor je najbrži i najjednostavniji način prenošenja poruka i informacija bez posredovanja uređaja ili pomagala te je unatoč ekspanziji i razvoju mrežnih i računalnih tehnologija, i dalje glavno sredstvo ljudske komunikacije. Također, govor je vodeći način podučavanja u školskim sustavima u cijelom svijetu, stoga je važno da akustičke karakteristike učionica budu optimalne za usvajanje i učenje, a posebice se naglasak i važnost stavlja na razumljivost govora.

Svrha ovog istraživanja jest utvrditi utječe li udaljenost učenika od katedre, veličina učionice te udaljenost (blizina) učionice od prometnice na razumljivost govora, a dobivene vrijednosti staviti u okvire važećih zakonskih odredbi i pedagoških standarda.

1.2. AKUSTIČKI PARAMETRI ZVUKA

Kako bismo razumjeli način izračunavanja indeksa razumljivosti govora važno je znati objektivne parametre svakog zvuka, a to su intenzitet, frekvencija i trajanje. Te objektivne

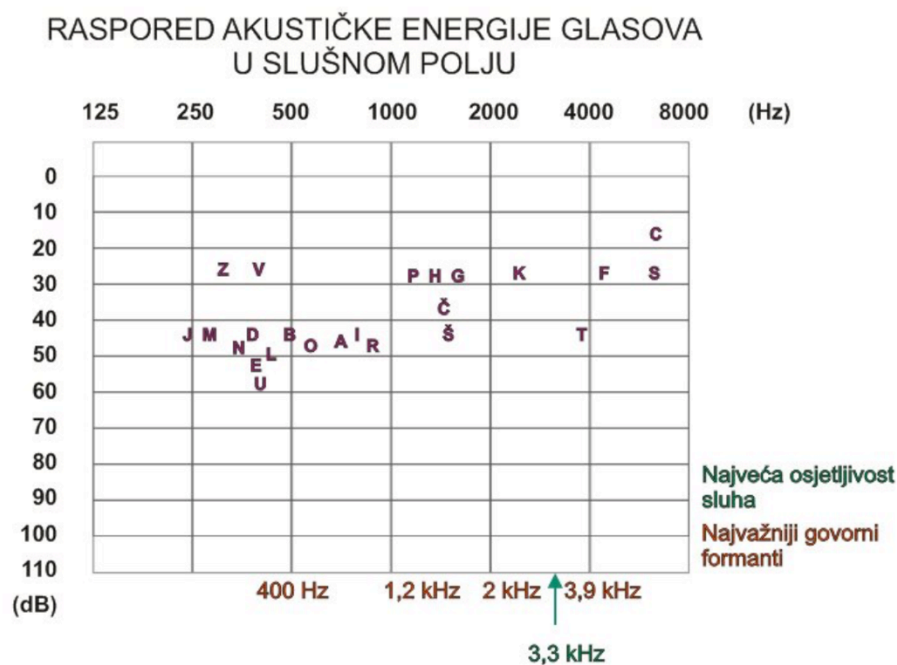
parametre osjetom sluha registriramo i prepoznajemo kao subjektivne; glasnoću, visinu, trajanje i boju zvuka.

«Intenzitet vala zvuka određen je energijom koju val prenese kroz jedinicu površine u jedinici vremena. Intenzitet subjektivno doživljavamo u longitudinalnoj skali (Fechnerov zakon).» (Hedjever, 2012)

Weber- Fencherov zakon opisuje kvalitativni odnos između intenziteta podražaja i intenziteta osjeta. Zato Weber i Fencher uvode pojam razine intenziteta zvuka , koji se definira kao deseterostruki logaritam omjera intenziteta zvuka i intenziteta zvuka na pragu čujnosti.

Doživljaj visine tona ovisi o frekvenciji zvučnog vala. One zvukove koji su frekvencijski niži ljudski mozak percipira kao tamnije ili dublje, dok visoke frekvencije doživljava kao više i svjetlije.

Svaki glas karakteriziran je upravo frekvencijom, intenzitetom, trajanjem te bojom kao posljedica rezonancije osnovnog (laringealnog) tona.



Slika 2 Intenzitetsko i frekvencijsko područje vokala i konsonanata (Hedjever, 2012)

Na Slici 3 prikazano je intenzitetsko i frekvencijsko područje vokala i konsonanata. Iz prikaza jasno se uočava kako su konsonanti smješteni u frekvencijski višem dijelu spektra za razliku od vokala koji se ostvaruju na nižim frekvencijama. Vokali i konsonanti posjeduju različitu akustičnu energiju. Konsonanti su također znatno tiši (intenzitetski slabiji) glasovi nego li vokali što za razumljivost govora predstavlja prepreku budući da će vokali zbog intenzitetske superiornosti maskirati konsonante. Prosječna razina akustične energije konsonanta je 10 - 12dB niža od akustičke energije vokala. (Leo, 2010). Ako promatramo trajanje vokala i konsonanata, uočavamo kako su konsonanti kraći od vokala (20ms/90ms). Kako bi spriječili efekt maskiranja konsonanata vokalima, potrebno je prenijeti dovoljno akustične energije od govornika do slušača u vremenu prosječnog trajanja izgovorenih glasova. U suprotnom, doći će do preklapanja glasova što značajno utječe na razumljivost govora. (Leo, 2010) Bez vokala govor bi bio veoma tih, ali djelomično razumljiv, za razliku od konsonanata čija prisutnost govor čini razumljivim.

1.3. RAZUMLJIVOST GOVORA

Prema Heđever (2012) za razumljivost govora bitna su tri osnovna uvjeta, da slušač poznaje i razumije jezik govornika, da ima uredan sluh te da se govor i slušanje odvijaju u optimalnoj okolini. Optimalna okolina jest okolina bez ometajuće buke i šumova, s odgovarajućim vremenom odjeka te intenzitetski odgovarajuće glasnoće.

Razumljivost govora odnosi se na kvantitativni broj govornih jedinica (slogova, riječi i rečenica) koje su ispravno poslone od strane govornika te shvaćene od strane slušača. Airey i MacKenzie (1999) definiraju razumljivost govora kao proces u kojem osoba jasno čuje izgovoreno te u potpunosti razumije kontekst izgovorene riječi. Razumljivost govora definira kvalitetu signala (zvuka) koju slušač prima. Kvalitetu određuje omjer vremena reverberacije te omjer signal-šum (intenzitet izvora, intenzitet pozadinske buke i udaljenost od govornika).

U svim prostorijama gdje se komunicira govorom potrebno je osigurati njegovu dobru razumljivost. Prema Drinčić, Krstić i Ivanović (2010) odrasli imaju razvijeniju sposobnost razumijevanja govora od djece te stoga valja staviti naglasak na dobru razumljivost govora upravo kod školske populacije, naročito u učionicama i prostorijama u kojima se obavljaju

intelektualne aktivnosti, poput čitaonica i knjižnica.

Jamieson i suradnici (2004) proveli su istraživanje kojim je ispitano 40 mlađe djece u dobi od 5-8 godina u razumijevanju govora (jednosložnih, trosložnih riječi) uz pozadinsku buku karakterističnu za školske učionice.

Sva djeca imala su teškoće u razumijevanju govora kada je pozadinska buka intenzitetski odgovarala mjerenjima u većini učionica (65dB). Istraživanje je pokazalo kako djeca vrtičke dobi pri istom omjeru signal-šum (-6 dB SNR) ostvaruju lošije rezultate (razumljivost govora) od starije djece. S vremenom djeca nauče tumačiti «propuštene» i nerazumljive riječi prema kontekstu razgovora i ostalim jezičnim strukturama i informacijama.

Loša razumljivost govora može se odraziti na loše usvajanje prezentiranog sadržaja u učionici, što posljedično može dovesti do lošijih akademskih postignuća.

Neka istraživanja pokazala su kako izloženost buci utječe na promjene unutar moždanih struktura povezanih s procesuiranjem zvuka u odraslih osoba. (Brattico i sur., 2005) Prema nekim istraživanjima (Astolfi i Pellerey, 2008) određene kognitivne funkcije poput pažnje, učenja jezika, pamćenja i matematičkih sposobnosti, vrlo su osjetljive na utjecaj buke.

Najvažniji faktori koji utječu na razumljivost govora u nekoj prostoriji su razina buke, udaljenost između govornika i slušača, glasnoća govora te vrijeme reverberacije.

1.3.1. Razina buke

Razumljivost govora nije jednostavna pojava i ovisi o više faktora, a jedan od važnijih jest količina buke u prostoru. Općenito svaki se neželjeni i ometajući zvuk naziva bukom. Smetajući učinci buke ovise o jakosti i frekvenciji zvuka. Tako npr. zvukovi više frekvencije više smetaju od nižih, a čisti tonovi su neugodniji za slušanje od šumova. Također, glasni zvukovi nižih frekvencija maskiraju zvukove više frekvencije te ih učiniti nečujnima. Razina buke u prostoru i razumljivost govora negativno koreliraju tako da se povećanjem buke u prostoru smanjuje njegova razumljivost. Buka može dolaziti iz različitih izvora, pa tako govorimo o vanjskoj buci (prometnice, školska igrališta), unutrašnjoj buci (projektor, računalo) te o buci same učionice (rasvjeta, sustav za grijanje/hlađenje) (Drinčić i sur, 2010).

Ai Ali (2013) proveo je istraživanje te analiza je dobivenih rezultata pokazao kako postoji snažna povezanost između razine buke i osjećaja iritabilnosti i ometenosti kod većine ispitanika. Čak 57% učenika izjasnilo se kako buka ometa koncentraciju za vrijeme obrade školskog gradiva.

Onečišćenje bukom jedan je od većih problema koji zahvaćaju moderno društvo, a procjena je da je oko 10 milijuna ljudi u Europi zahvaćeno prometnom bukom koja može uzrokovati stres te brojne bolesti u čovjeka.

Današnji obrazovni sustavi bazirani su na aktivnom slušanju i sudjelovanju učenika u nastavi što znači da učitelj prezentira samo dio nastavnih sadržaja, a preostali dio učenici uče putem grupnog rada, izlaganja, seminara, takozvanim načinom «learning-by-doing». Time u razredu nastaje buka uzrokovana premještanjem namještaja, razgovorom između učenika. Takva buka proizlazi iz aktivnosti te može maskirati govor i učiniti ga slabije razumljivim.

Najviše dopuštene ekvivalentne razine buke u zatvorenim prostorijama poput predavaonica, učionica i sličnih prostorija ne smiju iznositi više od 35 dB. (Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave, NN 145/04).

Brojna istraživanja bave se mjerenjima razine pozadinske buke u školskim učionicama i usporedbom dobivenih vrijednosti s nacionalnim i svjetskim standardima.

Zannin i Zwirtes (2009) proveli su istraživanje i analizom podataka dobivenih istraživanjem ustanovi su kako je vanjska buka (hodnici i okolina škole) daleko premašila dopuštene vrijednosti nacionalnim brazilskim standardom.

Također, John i sur. (2016) proveli su istraživanje koje je pokazalo kako je razina buke u svim učionicama iznad je dopuštenih vrijednosti. Budući da je istraživanje provedeno u modernijim školama (mlađi datum izgradnje) i starijom školama (škole starije gradnje) utvrđeno je kako je razina buke u modernim školama sa i bez otvorenih prozora u prosjeku niža od razine u učionicama starije gradnje. Razlog tome, navode autori, jest loša izolacija između učionica i vanjskih izvora buke i učionica međusobno.

U istraživanju Zannin i Marcon (2007) također je potvrđeno kako izmjerena razina buke u školskim učionicama daleko premašuje vrijednosti propisane standardima. U okviru istraživanja provedena je anketa kojom su nastavnici i učenici procjenjivali izvore buke i

njihov utjecaj na proces učenja. Rezultati pokazuju da je glavni izvor buke prema nastavnicima i učenicima upravo govor učenika i nastavnika te buka iz susjednih učionica.

I rezultati studije provedena u Egiptu također pokazuju kako se izmjerene vrijednosti intenziteta pozadinske buke kreću u rasponu od 61-73dB što je također iznad dopuštenih vrijednosti propisanih Egipatskim zakonom (50dB). (Ai Ali, 2013)

Bradley i suradnici (1999) utvrdili su kako je buka velik faktor u određivanju stupnja razumljivosti govora, dok je najvažniji faktor u razumijevanju omjer signal – šum.

Prema Rabelo i suradnicima (2014) u komunikaciji, razlika između govora i pozadinske buke mora iznositi najmanje +15dB, odnosno signal (govor) mora biti za 15dB glasniji od pozadinske buke kako bi se osigurala dobra razumljivost govora.

Bistafaa i Bradley (2000) istraživanjem potvrđuju tvrdnje o odnosu signal – šum te zaključuju kako je idealan intenzitet pozadinske buke 20-25dB ispod intenziteta govora (glasa) na udaljenost 1m od slušača.

1.3.2. Udaljenost slušača od govornika

Za dobru razumljivost govora, uz razinu pozadinske buke, izuzetno je važno koliko je slušač udaljen od govornika. Što je govornik udaljeniji od slušača time će ga slušač lošije razumjeti, a posljedično može doći do narušavanja komunikacije ili neusvajanja određenih akademskih znanja ovisno o komunikacijskom kontekstu. Svi smo se barem jednom zatekli u situaciji kada smo bili poprilično udaljeni od govornika te se trudili razumjeti njegove riječi. U tim situacijama se oslanjamo na kontekst koji je također izuzetno važan za razumljivost govora. Pojedini glasovi su akustički snažniji te nam to omogućuje lakše razumijevanje. Poznato je da su vokali snažniji od konsonanata i nalaze se u nižim frekvencijskim pojasevima, ali konsonanti su ti koji znatno više doprinose razumljivosti govora. Vokali su važni jer nose akustičku energiju i bez njih bi govor bio pretih, ali djelomično razumljiv, dok bez konsonanata govor gubi razumljivost jer konsonanti nose jezičnu i semantičku informaciju. (Heđever, 2012).

Kada govorimo o udaljenosti valjalo bi spomenuti i optimalan kut unutar kojeg je govor najrazumljiviji. Radi se o kutu od 140 stupnjeva od govornika. Unutar tog kuta govor je najrazumljiviji.

1.3.3. Glasnoća govora

S time u vezi izuzetno je važna i glasnoća govora koja također utječe na razumljivost govora. Prosječni intenzitet govora na udaljenosti 1m od govornika iznosi oko 60 do 65 dB (misli se na normalnu glasnoću govora kada na primjer dvije osobe razgovaraju u tihoj prostoriji). Ukoliko govornik govori tiše i ne udovoljava uvjetu od +15dB u korist govora u odnosu na buku, govor može biti nerazumljiv.

Reakcija govornika na povećanu buku najčešće jest povišenje intenziteta govora do te razine da se ponekad mora i derati. Taj efekt poznat je pod nazivom *lombardov efekt*. Ako je pozadinska buka glasnija od govora, govornik ima tendenciju povećati pozadinsku buku te izbjeci efekt maskiranja (Lombardov efekt).

Za vrijeme glasnog govora, govornik nesvjesno mijenja i prozodiju, govoreći glasnije i sporije te time usmjerava energiju u produkciju viših frekvencija čineći time slušaču govor razumljivijim u uvjetima buke.

1.3.4. Vrijeme reverberacije (odjeka)

U velikim dvoranama i predavaonicama, većini slušača teško je razumjeti govor ili predavanje. Razlog tome jest odjek ili reverberacija, odnosno odbijeni zvuk koji se reflektira od zidova i maskira izvorni govorni signal. Dulje vrijeme reverberacije poželjno je u dvoranama u kojima nastupaju orkestri ili se izvodi klasična glazba, dok je kraće vrijeme reverberacije potrebno u prostorima u kojima se komunicira govorom (nastava, predavanja) kako bi razumljivost govora bila najbolja. (Kusumoto i sur., 2005)

Vrijeme odjeka (reverberacije) ovisi o zapremnini (volumenu) prostorije, frekvenciji zvuka u prostoriji i ukupnoj apsorpciji prostorije.

Vrijeme odjeka, na zadanoj frekvenciji, je vrijeme u sekundama koje je potrebno da prosječna razina zvučnog tlaka ustaljenog stanja opadne za 60 dB nakon što je izvor prestao emitirati zvuk (Bilan, 1989). Zvuk se na određenom mjestu slušanja u prostoriji najčešće sastoji od direktnog i reflektiranog zvuka. Direktni zvuk je zvuk koji dolazi direktno od izvora do točke mjerenja (slušača), dok je reflektirani zvuk rezultat refleksija od površina u prostoriji. Zbroj svih reflektiranih zvukova zove se reverberacijsko zvučno polje, a ono se sastoji od svih

zvukova koji su se odbili jedanput, dva ili više puta. Što je reverberacija veća, slušač će teže razumjeti govornika.

Brojna istraživanja, kao i za intenzitet buke, bave se mjerenjem vremena reverberacije (odjeka) i usporedbom dobivenih vrijednosti s nacionalnim i svjetskim standardima i zakonskim odredbama.

U već spomenutom istraživanju Zannin i Marcon (2007) izmjerene vrijednosti vremena reverberacije također su prekoračile preporučenu vrijednost od 0.6 sekundi ANSI S12.60 standardom. Prema preporučenim vrijednostima Svjetske zdravstvene organizacije raspon vrijednosti vremena odjeka trebao bi se kretati od 0.4 – 0.8, čime rezultati nadmašuju i međunarodno prihvaćene vrijednosti vremena reverberacije (odjeka).

Također Escobar i Morillas (2015) u svom istraživanju utvrđuju da vrijeme reverberacije premašuje dopuštene vrijednosti propisane ANSI S12.60 standardom.

1.4. METODE PROCJENE/ISPITIVANJA RAZUMLJIVOSTI GOVORA

Posljednjih 30 godina istraživači i znanstvenici provode istraživanja i mjerenja kojom nastoje procijeniti razumljivost govora. U početku se razumljivost govora, u nedostatku modernih tehnologija i automatizacije procesa mjerenja, mjerila subjektivnim metodama procjene ili objektivnom računajući razumljivost govora po određenim fizičkim jednadžbama.

Razumljivost govora može se ispitati subjektivnim i objektivnim metodama procjene. Znanstveno gledano objektivne metode mnogo su pouzdanije zbog minornog utjecaja ispitivača na proces ispitivanja i rezultate te mogućnosti ponavljanja mjerenja. Ponavljanje procjene u objektivnim metodama uvijek će dati ujednačene rezultate, dok kod subjektivnih metoda rezultati uvelike ovise o ispitivačima i njihovim sposobnostima percepcije govora i uvjetima slušanja. Također, gotovo je nemoguće govorniku proizvesti dvije akustički identične riječi/logatoma.

1.4.1. Subjektivne metode procjene razumljivosti govora

Subjektivne metode procjene razumljivosti govora temelje se na procjeni razumljivosti fonema, riječi (ili logata – riječi bez značenja) te rečenicama. Princip ove metode jest da slušač govorne uzorke (riječi, logatome, foneme ili rečenice) sluša zajedno sa pozadinskom bukom te na ispitne obrasce zapisuje što je čuo. (Andrijašević, Ivančević, Horvat, 2012).

Postoji nekoliko subjektivnih metoda procjene razumljivosti govora. Carvalho i sur. (1997) govornik može čitati listu riječi određenim intenzitetom u izvornoj prostoriji. Također, govornik može snimiti listu riječi u akustički izoliranoj prostoriji te putem zvučnika reproducirati listu riječi u izvornoj prostoriji. (Bradley, 1986) Ujedno, moguće je načiniti i obrnuto, snimiti listu riječi u izvornoj prostoriji, a reproducirati putem slušalica ili zvučnika u akustički izoliranoj prostoriji. (Houtgast i Steenken, 1984)

Odgovori mogu biti otvorenog i zatvorenog tipa. Otvoreni tip omogućuje slušaču da navede što je čuo ili misli da je čuo dok zatvoreni tip slušaču daje mogućnost odabira između predloženih odgovora. (Steenken, 1980) Konačni rezultat jest postotak ispravno shvaćenog ispitnog materijala koji uvelike ovisi o vrsti materijala (riječi, logatomi ili fonemi), upoznatošću s ispitnim materijalom te prethodnim iskustvom u takvim ispitivanjima.

U istraživanju Astolfia i sur. (2010) za subjektivnu procjenu razumljivosti govora korišten je eng. Diagnostic rhyme test razvijen od strane Fondazione U Bordoni of Rome način prema smjernicama danim u referentnim dokumentima. Test se sastojao od 105 dvosložnih parova riječi predstavljenih u obliku rime u kojima se mijenja inicijalni konsonant. Svaka riječ prezentirana je nasumično iz seta od 8 čestica. Ispitanici su nakon slušanja riječi bilježili koju od dvije ponuđene riječi su čuli. Svaka čestica trajala je u prosjeku 3.5 sekunde, a razmak između njih bio je 5 sekundi.

1.4.2. Objektivne metode procjene razumljivosti govora

Dobra razumljivost govora važna je svakom sugovorniku, bez obzira radili se o učeniku, studentu ili bilo koja osoba koja komunicira govorom i jednako je bitna onima koji dobro čuju kao i osobama oštećena sluha.

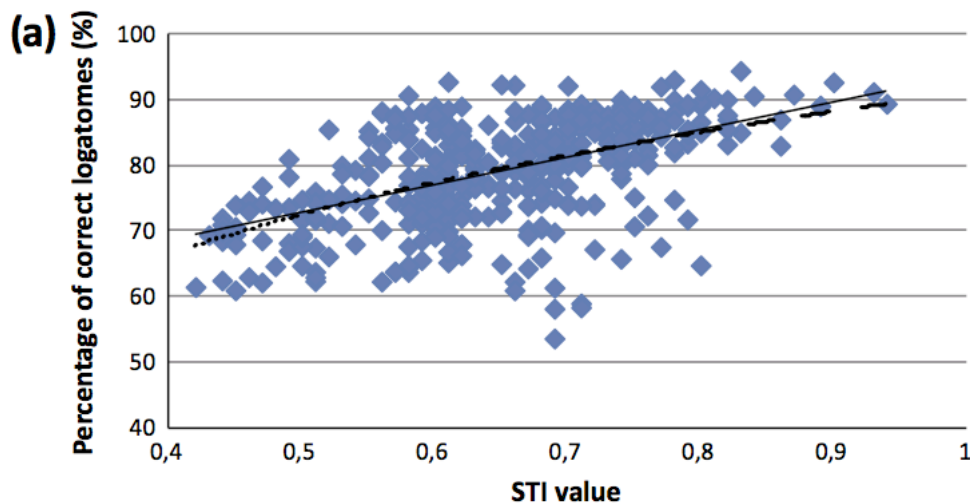
U akustici frekvencijsko područje relevantno za analizu i govor, proteže se od 50 Hz do 10 kHz, pri čemu najviše pozornosti treba obratiti na područje od 100 Hz do 5000 Hz (Kuttruf, 2009). Oktave s centralnim frekvencijama od 500 Hz, 1 kHz i 2 kHz najznačajnije su za dobro razumijevanje govora (Heđever, 2012).

Razumljivost govora osobito će biti narušena maskiranjem akustički slabijih konsonanata (Everest, 2010). Tako na primjer u engleskoj riječi “back”, ako jasno ne

razumijemo završetak “ck”, prepoznavanje cjelokupna riječ je gotovo nemoguće jer upravo “ck” razlikuje riječ “back” od drugih sličnih riječi (poput “bat, bad, bass, ban”). U hrvatskom jeziku kao primjer možemo uzeti riječ *nož* i *noć*, gdje se zamjenom zadnjeg konsonanta značenje u potpunosti mijenja.

Brojne su mjerne jedinice osmišljene za procjenu razumljivosti govora. Najčešće se koriste: artikulacijski indeks (AI - articulation indeks) te indeks razumljivosti govora, STI (Speech transmission Indeks).

Istraživanje Escobar i Morillas (2015) utvrdilo je da rezultati STI mjerenje u velikom postotku korelira s postotkom brojem točnih logatoma, što potvrđuje da je STI metoda mjerenja pouzdana za procjenu razumljivosti govora u ispitanim prostorijama.



Graf 1 Distribucija rezultata STI vrijednosti i postotka točnih logatoma u subjektivnim testovima za procjenu razumljivosti govora

Prema Leo (2010) kada uspoređujemo artikulacijski test subjektivne procjene razumljivosti govora i STI metodu procjene dolazimo do zaključka da je korelacija između njih dovoljna za pouzdano korištenje STI metode za procjenu razumljivosti govora. No važno je naglasiti kako je STI metoda procjene manje pouzdana u manjim razlikama, za razliku od subjektivnih metoda procjene.

Tablica 1 Prikaz postotka povezanosti rezultata STI mjerenja i subjektivnog mjerenja (test artikulacije) iz istraživanja Leo (2010)

TABLE I
STI values and corresponding average Percentage Speech Articulation, NOISE OFF.

Measuring point	STI	Averaged PSA [%]
1	0.54	–
2	0.52	88
3	0.56	88
4	0.57	84
5	0.55	92.7
6	0.51	92.7
7	0.6	90
8	0.6	91
9	0.58	91.3
10	0.58	88.7
11	0.57	87
12	0.55	88
13	0.56	89.3
14	0.55	–
15	0.62	91.7
16	0.61	90.2
17	0.59	89
18	0.59	84.3

1.5. RAZUMLJIVOST GOVORA U UČIONICAMA

Oko 60% aktivnosti u učionicama svodi se na govornu komunikaciju između predavača i učenika ili između učenika međusobno (Drinčić i sur, 2010). Zbog toga je u tim prostorima važno postići zadovoljavajuću razinu razumljivosti govora. Drinčić i sur. (2010) lošu akustiku učionice uspoređuju s čitaonicom u kojoj je sustav rasvjete vrlo loš pa je čitanje otežano. Zbog loše razumljivosti nastaju problemi ne samo za učenike koji se naprežu da bi čuli i razumjeli predavanje, nego i za nastavnika koji uslijed loše akustike i velike buke unutar prostora mora povećati glasnoću svog govora, koja nerijetko dovodi do glasovnog zamora i može izazvati nastanak nodula na glasnicama.

Pregledom novije literature može se uočiti da u svijetu postoji sve veći broj studija i istraživanja povezanih s akustikom učionica, što je omogućilo formiranje standardiziranih normi akustike učionica. Općenito, može se zaključiti da nivo buke u praznoj učionici (bez učenika) ne bi trebao biti veći od 35 dBA. Optimalno vrijeme reverberacije u učionicama zapremine do 283 m³ ne bi smjelo biti iznad 0,6 sekundi, dok u većim učionicama između 283 m³ i 566 m³ ne bi smjelo prelaziti 0,7 sekundi (ASHA, 2016).

2. CILJ RADA

Budući da su školske učionice mjesto obrazovanja djece i mladih, očekivano, razumljivost govora u prostorima gdje uče i obrazuju se, mora biti optimalna kako bi se ti procesi mogli uspješno odvijati. bez ometanja i većih kognitivnih napora uzrokovanih nepovoljnim akustičkim obilježjima.

Primarna tri cilja ovog istraživanja bila su utvrditi kakva je razumljivost govora u školskim učionicama s obzirom na:

- udaljenost učenika (slušača) od katedre (nastavnika),
- razinu pozadinske buke,
- udaljenost učionice od prometnice.

Nadalje, cilj istraživanja bio je izmjerene vrijednosti razine buke u učionicama usporediti s važećim zakonskim normama i pravilnicima kao i s pedagoškim standardima u odgoju i obrazovanju u cilju procjene stupnja i količine učionica koje odstupaju od propisanih standarda i normi. Cilj istraživanja nije, rezultatima mjerenja negativno utjecati na percepciju škola kao «loših», nego pružiti validne informacije o trenutnoj razini razumljivosti govora u učionicama u školi i općih akustičkih karakteristika samih učionica, s ciljem poboljšanja i adaptacije postojećih školskih učionica.

3. HIPOTEZE

Za potrebe istraživanja formirane su dvije hipoteze koje proizlaze iz dosadašnjih istraživanja u svijetu i jedinog pilot istraživanja (Dilberović, 2016.) u Republici Hrvatskoj:

H1: Veća udaljenost slušača (učenika) od katedre (nastavnika) smanjuje razumljivost govora.

H2: Razina buke značajno je viša u učionicama koje su na uličnoj strani škole.

H3: Razumljivost govora lošija je u učionicama s višom razinom buke.

4. METODE RADA

4.1. NAČIN PROVOĐENJA ISTRAŽIVANJA

Uzorak za istraživanje je prigodan budući da se velik broj ravnatelja nije odazivao na suradnju te su škole uključene u istraživanje i ovaj rad jedne od rijetkih koje su na sudjelovanje pristale s ciljem dobivanja kvalitetne informacije i mogućnosti buduće implementacije dobivenih rezultata u projekte koji se bave akustičkom prilagodbom školskih učionica.

Istraživanje je vršeno u šest osnovnih škola na području Grada Velike Gorice i Grada Zagreba. Pet osnovnih škole nalaze se u Gradu Velikoj Gorici i Zagrebu, u neposrednoj blizini neke veće prometnice, dok se šesta škola nalazi u prigradskom naselju, ali također uz glavnu cestu koja vodi kroz mjesto. Kako se ne bi ometao sam proces nastave mjerenja su provedena u vrijeme kada je u školi boravio najmanji broj učenika, odnosno u terminima prije ili nakon nastave.

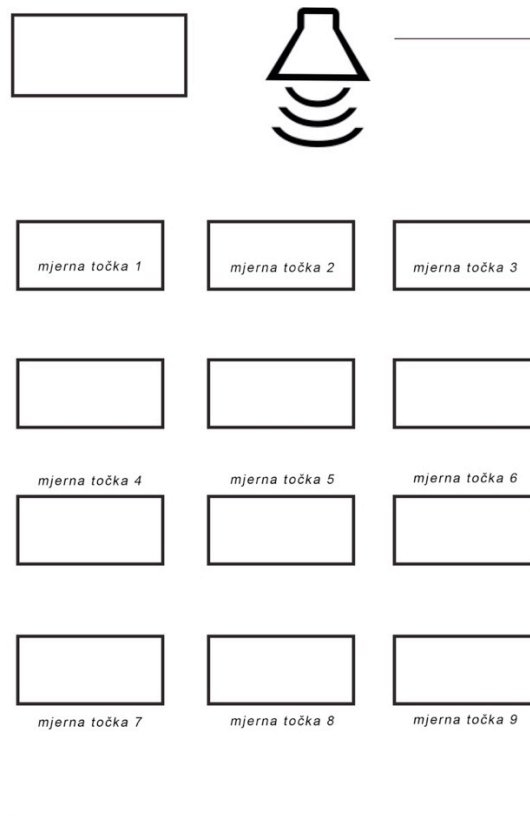
Učenika nije bilo niti na hodnicima niti ispred osnovnih škola kako bismo dobili što preciznija mjerenja povezana s akustičkim parametrima učionice bez utjecaja boravka nastavnog osoblja i učenika u školi. U svakoj pojedinoj školi odabrane su četiri učionice i to po dvije na katu i dvije u prizemlju, tako da se jedna nalazi okrenuta prema većoj prometnici, dok je druga okrenuta ka mirnijoj strani, udaljenijoj od prometnice. Ovime smo ostavili mjesto za buduća istraživanja i nove varijable.

Unutar svake učionice mjerenje je napravljeno u 9 točaka. Budući da su školske klupe, najčešće raspoređene u tri reda, u svakom redu načinjeno je po tri mjerenja i to na početku, kraju te u sredini reda. Prije puštanja unaprijed pripremljenog generičkog zvuka izmjerili smo prosječnu razinu buke u prostoru dok su sva nastavna pomagala bila u uporabi (svjetlo, grafoskop/projektor te računalo). Svaka mjerna točka mjerena je tri puta, a u obzir je uzeta srednja vrijednost izračuna.

4.2. UZORAK

Mjerenja su provedena u 6 osnovnih škola na ukupno 24 učionica, po 9 mjernih točaka u svakoj učionici što znači da su izmjere napravljene na ukupno 216 točaka.

Učionice su se razlikovali dimenzijama te svojim unutarnjim uređenjem poput vrste podne obloge (parket ili linoleum), vrste prozora (PVC ili drveni), obloženosti zidova (pluto panoi) te zastorima na prozorima.



Slika 3 Shematski prikaz učionice i mjernih točaka.

4.3. MJERNI INSTRUMENT

Za potrebe istraživanja korišten je uređaj “VERIFIER Speech Intelligibility instrument”. Uređaj se sastoji od kalibriranog mikrofona, pretpojačala, aktivnog zaslona s upravljačkim gumbima te programa (protokola) za standardizirano mjerenje razumljivosti govora. Gumbi su namijenjeni za pokretanje uređaja te upravljanje postavkama samog uređaja. Verifier ima mogućnost mjerenja zvučnog tlaka u decibelima u odnosu na referentni zvučni tlak, takozvana razina zvučnog tlaka (L_{AS}) te $L_{(aeq)}$ odnosno prosječnu razinu buke. (The verifier: User Manual, 2012)

Uređaj mjeri skale STI-PA te CIS razumljivosti. Postupak mjerenja STI provodi se tako da se s mjesta nastavnika (katedre) generira posebno pripremljen zvučni signal koji svojim frekvencijskim spektrom i intenzitetskim modulacijama imitira ljudski govor (muški ili ženski). Mjerni uređaj Verifier postavlja se na mjestu slušatelja te vrši akustičku analizu generiranog zvuka. Verifier vrši analizu frekvencijskog raspona od 7 oktavnih pojaseve s centralnim frekvencijama od 125 Hz do 8 kHz. Pri tome se analiziraju podaci o razini govornog signala, razini pozadinske buke te vremenu odjeka i reverberacije.

STI-PA skala mjerenja razumljivost govora dijeli se u 5 stupnjeva koji su prikazani u tablici 2.

Tablica 2. Vrijednosti STI-PA skale

vrijednost	ocjena	Razumljivost slogova u %	Razumljivost riječi u %	Razumljivost rečenica u %
0 - 0.3	loša	0 - 34	0 - 67	0 - 89
0.3 - 0.45	slaba	34 - 48	67 - 78	89 - 92
0.45 - 0.6	zadovoljavajuća	48 - 67	78 - 87	92 - 95
0.6 - 0.75	dobra	67 - 90	87 - 94	95 - 96
0.75 - 1	odlična	90 - 96	94 - 96	96 - 100

Promatrajući i analizirajući tablicu dolazimo do zaključka da je učenik kod rezultata u rasponu od 0.6 do 0.75 u mogućnosti razumjeti 90% riječi, što znači da 10% riječi tijekom predavanja neće razumjeti, odnosno svaka deseta riječ će mu promaknuti.

4.4. VARIJABLE ISTRAŽIVANJA

Za potrebe istraživanja formirane su varijable:

- Škola u kojoj je načinjeno mjerenje
- etaža na kojoj se nalazi učionica (prizemlje / kat)
- razina buke u dB SPL
- mjerne točke (1-9) u vrijednostima STI-PA skale
- vrsta učionice (tiha/glasna; nasuprot ulice/do ulice)

Dužina i širina učionice mjerene su u metrima uz pomoć laserskog mjernog uređaja dok je površina učionice izračunata pomoću vrijednosti duljine i širine učionice.

Mjerena su vršena u učionicama na dvije etaže odnosno na prizemlju i na katu škola. Razumljivost govora mjerena je STI-PA skalom u devet točaka u učionici, u vrijednosti od 0 do 1.

Udaljenost slušača od katedre mjerena je u metrima. Prva mjerna točka udaljena je 1m od katedre, dok je svaka iduća mjerna točka udaljena 1,5m od prethodne prema rasporedu klupa u učionici.

Uz učionice u prizemlju i na katu, odabir učionica vršen je na temelju blizine ulice odnosno izvora vanjske buke. Također, prije svakog mjerenja u učionici načinjeno je mjerenje prosječne razine buke u praznoj učionici.

U Tablici 3: Prikaz varijabli, prikazane su sve varijable sa oznakama korištenim u statističkoj obradi prikupljenih podataka.

ŠKOLA	1= Kumičić; 2= Habledić; 3= Mlaka; 4= Kvaternik; 5=Krklec; 6=Andrić
ETAŽA	1= prizemlje; 2= kat
TIHA_GL	1= tiha učionica (nasuprot ulice); 2=glasna učionica (do ulice)
MJER_1	mjerne točke 1 – 9 (prema skici učionice), vrijednosti su iz STI-PA skale u rasponu od 0 do 1
MJER_2	
MJER_3	
MJER_4	
MJER_5	
MJER_6	
MJER_7	
MJER_8	
MJER_9	
BUKA	izmjerena razina buke u dB SPL

4.5. METODE OBRADE PODATAKA

Podatci su obrađeni programom Statistica for Windows, vr. 5.0. Izračunata je deskriptivna statistika, Kolmogorov – Smirnov testom provjerena je normalnost distribucije, T-testom je ispitana značajnost razlika aritmetičkih sredina između učionica u prizemlju i na katu, te između učionica koje su bliže ili dalje od ulice. Također su izračunati Pearsonovi koeficijenti korelacije (korelacijska matrica) kako bi se utvrdile povezanosti među ispitivanim varijablama.

5. REZULTATI I RASPRAVA

5.1. DESKRIPTIVNA STATISTIKA

Sveukupni (prosječni) rezultati mjerenja razumljivosti govora metodom STI-PA nalaze se u rasponu od 0,613 do 0,704 (tablica 3). Uspoređujući ove rezultate sa standardiziranom STI-PA skalom, vidimo da se svi rezultati nalaze u kategoriji "dobre" razumljivosti. Međutim, samo je nekoliko mjernih točaka u ovome istraživanju postigla razumljivost govora u kategoriji "odličan" (gdje je raspon rezultata od 0.75 do 1). Važno je naglasiti kako su sva mjerenja vršena u «idealnim uvjetima» odnosno u učionicama bez prisustva učenika.

Tablica 4. Deskriptivna statistika za sve učionice (N=24)

	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
MJER_1	,66167	,56000	,75000	,05483
MJER_2	,70417	,59000	,86000	,06303
MJER_3	,66292	,58000	,74000	,04805
MJER_4	,62458	,55000	,69000	,03799
MJER_5	,64250	,56000	,77000	,04998
MJER_6	,64042	,56000	,73000	,04349
MJER_7	,61333	,54000	,67000	,03691
MJER_8	,63000	,53000	,70000	,04294
MJER_9	,62458	,53000	,70000	,04549
BUKA	38,94125	28,80000	48,20000	4,82690

Iz tablice 4 također je vidljivo da razumljivost u učionicama jako varira od učionice do učionice. Najniža izmjerena vrijednost je 0.53 što je u kategoriji "zadovoljavajuće" a to znači da je u toj učionici čak 20% riječi nerazumljivo. *To je za učenike zabrinjavajuće kada se to promatra kroz uspješnost praćenja nastave uspjeh u školi.* Samo nekoliko mjernih točaka (od njih 144) ima rezultate razumljivosti govora u najvišoj kategoriji iznad 0,75 ("odlična" razumljivost).

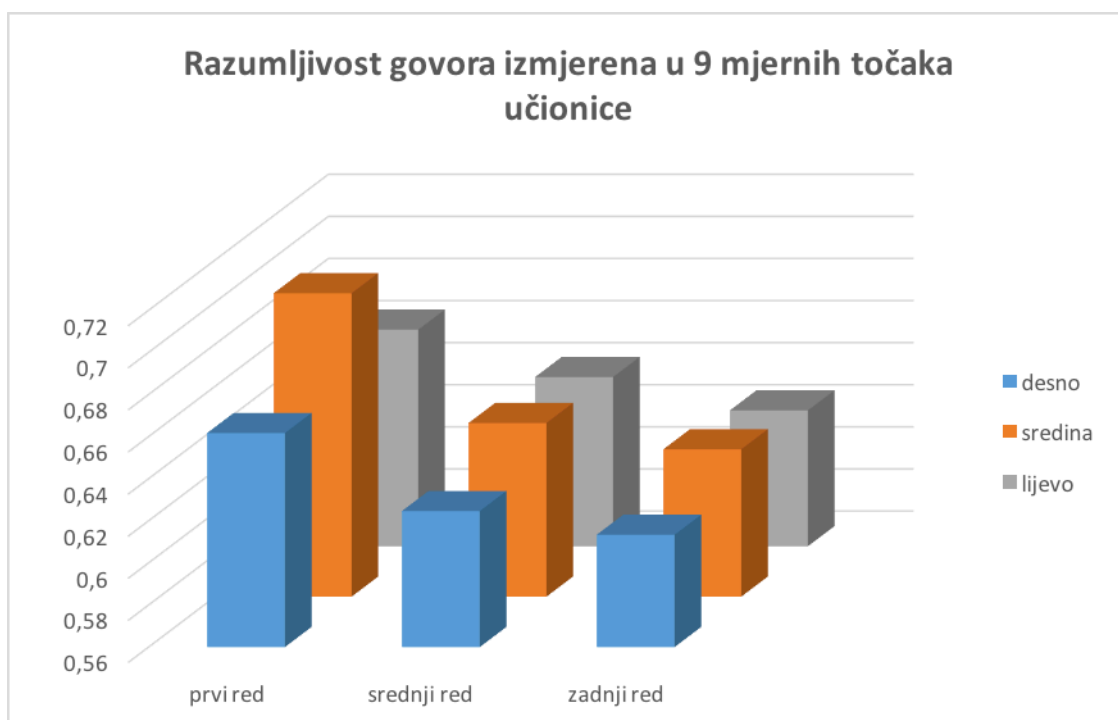
Prije mjerenja razumljivosti govora u svakoj učionici gdje je vršeno ispitivanje načinjeno je mjerenje razine buke, a izmjerene maksimalne vrijednosti razine buke iznosile su 13dB iznad dopuštene razine propisane važećim pravilnikom i zakonom što je veoma zabrinjavajuće s obzirom na to da su mjerenja vršena u praznim učionicama te da je za vrijeme mjerenja u školi boravio malen broj učenika ili uopće nisu bili prisutni.

Tablica 5. Deskriptivna statistika za varijable razumljivosti govora (sve učionice zajedno)

	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
MJER_1	0,661667	0,560000	0,750000	0,054825
MJER_2	0,704167	0,590000	0,860000	0,063033
MJER_3	0,662917	0,580000	0,740000	0,048047
MJER_4	0,624583	0,550000	0,690000	0,037991
MJER_5	0,642500	0,560000	0,770000	0,049978
MJER_6	0,640417	0,560000	0,730000	0,043487
MJER_7	0,613333	0,540000	0,670000	0,036910
MJER_8	0,630000	0,530000	0,700000	0,042936
MJER_9	0,624583	0,530000	0,700000	0,045490

Na temelju dobivenih vrijednosti deskriptivne statistike načinjen je Grafikon 1. Razumljivost govora izmjerena u 9 mjernih točaka učionice.

Grafikon zorno prikazuje kako je najbolja razumljivost govora u prvom redu učeničkih klupa, dok je razumljivost govora u zadnjem redu znatno lošija. Također, razumljivost je bolja u srednjoj osi učionice, a lošija na lijevoj i desnoj strani od izvora zvuka (govornika/nastavnika).



Grafikon 1. Razumljivost govora izmjerena u 9 mjernih točaka učionice (podaci su iz prethodne tablice)

Iz grafikona 1 vidi se da su prve tri mjerne točke koje se odnose na prvi red učeničkih klupa do katedre postigle najbolje ocjene razumljivosti. Srednji dio učionice (mjerne točke 4, 5 i 6) imaju slabije rezultate dok zadnji najudaljeniji dio učionice u odnosu na katedru ima najslabije rezultate (lošija razumljivosti govora). Stoga se, uvidom u tablicu 2 i temeljem grafičkog prikaza (grafikon 1) te kasnije T-testom, hipoteza H1 (*Udaljenost slušača (učenika) od katedre (nastavnika) utječe na razumljivost govora*) može u potpunosti prihvatiti .

Da bi provjerili hipotezu o razlikama u razumljivosti govora između učionica s obzirom na udaljenost učionice od izvora vanjske buke (ulice) trebalo je odabrati adekvatnu statističku metodu obrade podataka. Stoga je učinjen Kolmogorov – Smirnov Test kako bi se provjerila normalnost distribucije podataka. Test je pokazao da je distribucija normalna (tablica 6) pa je za provjeru hipoteze H2 upotrijebljen T – test kako bi se ispitala značajnost razlika izmjerenih STI-PA vrijednosti u učionicama s obzirom na njihovu udaljenost od ulice.

Tablica 6. Kolmogorov-Smirnov Test

	max D	p
MJER_1	,118670	p > .20
MJER_2	,140315	p > .20
MJER_3	,130182	p > .20
MJER_4	,123259	p > .20
MJER_5	,140415	p > .20
MJER_6	,138973	p > .20
MJER_7	,153030	p > .20
MJER_8	,090969	p > .20
MJER_9	,128492	p > .20
BUKA	,143099	p > .20

Tablica 7. Deskriptivna statistika za učionice do ulice (N=12).

	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
MJER_1	,68750	,61000	,75000	,04475
MJER_2	,71833	,62000	,79000	,04707
MJER_3	,66583	,59000	,71000	,04316
MJER_4	,62750	,57000	,67000	,03361
MJER_5	,64500	,60000	,77000	,04945
MJER_6	,65000	,60000	,72000	,03717
MJER_7	,61583	,56000	,67000	,03450
MJER_8	,63500	,58000	,70000	,03754
MJER_9	,62833	,58000	,70000	,03904
BUKA	36,52417	28,80000	46,70000	5,00537

Tablica 8. Deskriptivna statistika za učionice nasuprot ulice (N=12).

	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
MJER_1	,63583	,56000	,75000	,05316
MJER_2	,69000	,59000	,86000	,07520
MJER_3	,66000	,58000	,74000	,05427
MJER_4	,62167	,55000	,69000	,04324
MJER_5	,64000	,56000	,73000	,05257
MJER_6	,63083	,56000	,73000	,04870
MJER_7	,61083	,54000	,67000	,04055
MJER_8	,62500	,53000	,70000	,04890
MJER_9	,62083	,53000	,69000	,05265
BUKA	41,35833	38,10000	48,20000	3,30384

Tablica 9. Deskriptivna statistika za sve učionice u prizemlju (N=12).

	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
MJER_1	,65917	,56000	,75000	,06201
MJER_2	,68667	,61000	,74000	,04459
MJER_3	,66000	,59000	,72000	,04243
MJER_4	,63167	,58000	,69000	,03589
MJER_5	,64750	,59000	,77000	,05276
MJER_6	,64250	,60000	,73000	,03720
MJER_7	,62500	,58000	,67000	,03371
MJER_8	,63833	,57000	,70000	,03538
MJER_9	,62333	,57000	,69000	,04053
BUKA	38,93333	28,80000	47,10000	5,17711

Tablica 10. Deskriptivna statistika za sve učionice na katu (N=12).

	Mean	Minimum	Maximum	Std.Dev.
MJER_1	,66417	,60000	,75000	,04926
MJER_2	,72167	,59000	,86000	,07518
MJER_3	,66583	,58000	,74000	,05485
MJER_4	,61750	,55000	,67000	,04025
MJER_5	,63750	,56000	,73000	,04883
MJER_6	,63833	,56000	,72000	,05060
MJER_7	,60167	,54000	,66000	,03762
MJER_8	,62167	,53000	,70000	,04951
MJER_9	,62583	,53000	,70000	,05178
BUKA	38,94917	30,10000	48,20000	4,68117

5.2. ANALIZA S OBZIROM NA UDALJENOST UČIONICA OD ULICE

Tablica 11. T-test između učionica koje su dalje i učionica koje su bliže ulici

TIHA_GL: 1= tiha učionica; 2=glasna učionica

	Mean	Mean			Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
	G_1:1	G_2:2	t-value	p	G_1:1	G_2:2	variances	variances
MJER_1	,68750	,63583	2,57562	,017251	,044747	,053165	1,411653	,577151
MJER_2	,71833	,69000	1,10639	,280508	,047065	,075197	2,552668	,135354
MJER_3	,66583	,66000	,29141	,773465	,043161	,054272	1,581131	,459569
MJER_4	,62750	,62167	,36898	,715671	,033609	,043240	1,655265	,416327
MJER_5	,64500	,64000	,23998	,812566	,049452	,052570	1,130112	,842868
MJER_6	,65000	,63083	1,08368	,290239	,037173	,048703	1,716557	,383866
MJER_7	,61583	,61083	,32531	,748021	,034499	,040555	1,381922	,600782
MJER_8	,63500	,62500	,56195	,579830	,037538	,048897	1,696774	,394035
MJER_9	,62833	,62083	,39638	,695645	,039042	,052649	1,818588	,335748
BUKA	36,52417	41,35833	-2,79221	,010622	5,005371	3,303843	2,295269	,183954

U tablici 11 prikazani su rezultati T-testa između učionica bliže ili dalje od ulice te je utvrđena značajna razlika na mjernoj točki 1 (prvi red do katedre u sredini, na mjernom mjestu broj 1).

Druga statistički značajna razlika je u prosječnim razinama buke: u učionicama bliže ulici bila je za 4,8 dB viša (41,3 dB) u odnosu na buku u učionicama koje su udaljenije od ulice (36,5 dB). Razlika u glasnoći pozadinske buke iznosi 5 dB. Stoga se može prihvatiti hipoteza H2: Razina buke značajno je viša u učionicama koje su na uličnoj strani škole.

5.3. ANALIZA S OBZIROM NA ETAŽU UČIONICA

Tablica 12. T-test između učionica u prizemlju i učionica na katu

ETAŽA: 1= prizemlje; 2= kat

	Mean	Mean			Std.Dev.	Std.Dev.	F-ratio	p
	G_1:1	G_2:2	t-value	p	G_1:1	G_2:2	variances	variances
MJER_1	,65917	,66417	-,21872	,828886	,062006	,049260	1,584452	,457533
MJER_2	,68667	,72167	-1,38717	,179284	,044586	,075177	2,842988	,097248
MJER_3	,66000	,66583	-,29141	,773465	,042426	,054848	1,671296	,407561
MJER_4	,63167	,61750	,90999	,372691	,035887	,040255	1,258235	,709904
MJER_5	,64750	,63750	,48186	,634664	,052764	,048827	1,167779	,801570
MJER_6	,64250	,63833	,22981	,820361	,037203	,050602	1,850027	,322281
MJER_7	,62500	,60167	1,60018	,123823	,033710	,037618	1,245333	,722345
MJER_8	,63833	,62167	,94877	,353044	,035377	,049513	1,958838	,280065
MJER_9	,62333	,62583	-,13171	,896412	,040527	,051779	1,632380	,429193
BUKA	38,93333	38,94917	-,00786	,993801	5,177106	4,681172	1,223108	,744263

5.4. ANALIZA INTELIGIBILITETA U UČIONICAMA

Tablica 13. T-test između rezultata izmjerenih u prvom redu i rezultata u srednjem i stražnjem redu učeničkih klupa (varijable su tretirane kao nezavisni uzorci)

	Mean - Group 1	Mean - Group 2	t-value	p	Std.Dev. - Group 1	Std.Dev. - Group 2	F-ratio - Variances	p - Variances
MJER _1 vs. MJER_4	,661667	,624583	,723633	,009095	,054825	,037991	,082591	,085179
MJER _1 vs. MJER_5	,661667	,642500	,265692	,211997	,054825	,049978	,203365	,660806
MJER _1 vs. MJER_6	,661667	,640417	,487658	,143665	,054825	,043487	,589424	,273817
MJER _1 vs. MJER_7	,661667	,613333	,582657	,000818	,054825	,036910	,206383	,063783
MJER _1 vs. MJER_8	,661667	,630000	,227766	,030828	,054825	,042936	,630503	,248496
MJER _1 vs. MJER_9	,661667	,624583	,550108	,014164	,054825	,045490	,452508	,377276
MJER _2 vs. MJER_4	,704167	,624583	,297475	,000003	,063033	,037991	,752856	,018574
MJER _2 vs. MJER_5	,704167	,642500	,755519	,000485	,063033	,049978	,590659	,273021
MJER _2 vs. MJER_6	,704167	,640417	,078282	,000178	,063033	,043487	,100968	,081584
MJER _2 vs. MJER_7	,704167	,613333	,092044	,000000	,063033	,036910	,916489	,013043
MJER _2 vs. MJER_8	,704167	,630000	,764061	,000019	,063033	,042936	,155267	,071850
MJER _2 vs. MJER_9	,704167	,624583	,015530	,000008	,063033	,045490	,919986	,125018
MJER _3 vs. MJER_4	,662917	,624583	,065926	,003626	,048047	,037991	,599473	,267402
MJER _3 vs. MJER_5	,662917	,642500	,442724	,155873	,048047	,049978	,082006	,851716
MJER _3 vs. MJER_6	,662917	,640417	,700913	,095711	,048047	,043487	,220711	,636449
MJER _3 vs. MJER_7	,662917	,613333	,009212	,000221	,048047	,036910	,694548	,213510
MJER _3 vs. MJER_8	,662917	,630000	,502610	,015944	,048047	,042936	,252260	,594015
MJER _3 vs. MJER_9	,662917	,624583	,838242	,006729	,048047	,045490	,115556	,795387

Tablica 14. T-test između rezultata izmjerenih u srednjem redu i rezultata u stražnjem redu učeničkih klupa (varijable su tretirane kao nezavisni uzorci)

	Mean - Group 1	Mean - Group 2	t-value	p	Std.Dev. - Group 1	Std.Dev. - Group 2	F-ratio - Variances	p - Variances
MJER_4 vs. MJER_7	0,624583	0,613333	1,040505	0,303544	0,037991	0,036910	1,059441	0,891067
MJER_4 vs. MJER_8	0,624583	0,630000	- 0,462863	0,645645	0,037991	0,042936	1,277269	0,562069
MJER_4 vs. MJER_9	0,624583	0,624583	- 0,000000	1,000000	0,037991	0,045490	1,433789	0,393986
MJER_5 vs. MJER_7	0,642500	0,613333	2,299803	0,026047	0,049978	0,036910	1,833511	0,153489
MJER_5 vs. MJER_8	0,642500	0,630000	0,929406	0,357530	0,049978	0,042936	1,354953	0,472035
MJER_5 vs. MJER_9	0,642500	0,624583	1,298785	0,200491	0,049978	0,045490	1,207038	0,655587
MJER_6 vs. MJER_7	0,640417	0,613333	2,326142	0,024472	0,043487	0,036910	1,388165	0,437595
MJER_6 vs. MJER_8	0,640417	0,630000	0,835050	0,408006	0,043487	0,042936	1,025845	0,951738
MJER_6 vs. MJER_9	0,640417	0,624583	1,232544	0,224008	0,043487	0,045490	1,094262	0,830832

Iz rezultata dobivenih T-testom (Tablice 13. I 14.) jasno je vidljivo kako postoji statistička značajna razlika u rezultatima razumljivosti govora u odnosu na mjerne točke. Razlike su značajne između većine mjernih točaka (kada se uspoređuje prvi sa drugim i trećim redom te drugi sa trećim redom školskih klupa, odnosno mjernih točaka). Stoga se prihvaća hipoteza H1: Veća udaljenost slušača (učenika) od katedre (nastavnika) smanjuje razumljivost govora.

5.5. ANALIZA RAZINE BUKE S OBZIROM NA ETAŽU UČIONICE

Tablica 15. T-test na varijabli razine izmjerene buke (BUKA) između učionica u prizemlju i učionica na katu

T-tests; Grouping: ETAŽA: 1= prizemlje; 2= kat (UČIONICE) Group 1: 1 Group 2: 2											
	Mea n - 1	Mea n - 2	t- value	d f	p	Valid N - 1	Valid N - 2	Std.De v. - 1	Std.De v. - 2	F-ratio - Variances	p - Varianc es
BU	38,9	38,9	-	2	0,99	12	12	5,1771	4,6811	1,223108	0,7442
KA	3333	4917	0,007 858	2	3801			06	72		63

Primjenom T-testa na varijabli razine izmjerene buke (BUKA) između učionica u prizemlju i onih na katu utvrđeno je da nema statistički značajne razlike. Nema razlike u razini buke, gotovo je u potpunosti jednaka (38,9 dB). Može se zaključiti kako buka koja dopire sa ulice podjednako utječe na učionice u prizemlju i na katu. Jedan je od razloga što većina škola između zgrade i ulice nema nikakve barijere protiv buke (na primjer žive ograde ili slično).

Kako bi stekli širi uvid u ovo istraživanje, izračunati su i Pearson-ovi koeficijenti korelacije između svih varijabli s ciljem utvrđivanja moguće povezanosti među ispitivanim varijablama. Većina korelacija između buke i rezultata razumljivosti ima negativan predznak. Iako korelacije nisu značajne, one ipak ukazuju da buka smanjuje razumljivost govora. U obzir treba uzeti ograničenost mjerenja, odnosno nemogućnost izolacije i određivanja točne vrijednosti vanjske buke i buke same učionice (sustava za grijanje/hlađenje, projektora, svjetla). Vrijednosti STI-PA skale razumljivosti govora u granicama su "dobre" razumljivosti (ali ne i odlične) što je za učionice i proces učenja jako važno.

5.6. KORELACIJSKA ANALIZA

Tablica 16. Matrica korelacija za sve varijable

$p < ,05000$

	MJER_1	MJER_2	MJER_3	MJER_4	MJER_5	MJER_6	MJER_7	MJER_8	MJER_9	BUKA
MJER_1	1,00									
MJER_2	,45	1,00								
MJER_3	,48	,52	1,00							
MJER_4	,45	,45	,62	1,00						
MJER_5	,34	,56	,40	,54	1,00					
MJER_6	,51	,48	,49	,66	,45	1,00				
MJER_7	,27	,18	,38	,74	,41	,65	1,00			
MJER_8	,43	,42	,44	,68	,79	,71	,72	1,00		
MJER_9	,59	,53	,57	,72	,58	,83	,61	,73	1,00	
BUKA	-,24	-,23	,00	-,03	,33	-,19	,03	,07	-,02	1,00

Korelacije s jačim koeficijentima se javljaju češće između mjernih mjesta u stražnjem redu što ukazuje da su u tom dijelu učionice izmjerene razumljivosti govora više ujednačene, neovisno da li je pozicija mjerenja bila u sredini, lijevo ili desno (ali je razumljivost slabija) dok su u prvom redu između mjernih točaka korelacije slabije jer je veća varijabilnost rezultata sredina – desno – lijevo.

6. ZAKLJUČAK

Dobivene vrijednosti razumljivosti govora na STI-PA skali u ovom istraživanju pokazuju kako učionice nisu dovoljno akustički prilagođene dobrom razumijevanju govora i izloženih nastavnih sadržaja. Razumljivost govora u učionicama i pri najboljim uvjetima (prazna škola) na granici je prihvatljivih vrijednosti, što nije zadovoljavajuće za razinu intelektualnih aktivnosti koje se vrše unutar škole.

Pregledom dobivenih rezultata i njihovom analizom, dolazimo do zaključka da je učenik pri rezultatima razumljivosti govora u rasponu od 0.6 do 0.75 (izmjerenim u ovome istraživanju) u mogućnosti razumjeti oko 90% riječi, što znači da 10% riječi tijekom nastavnog izlaganja neće razumjeti, odnosno svaka 10. riječ će mu promaknuti. Uzevši u obzir činjenicu kako određene riječi u rečenici nose njeno značenje, ukoliko je upravo ta riječ ključna za određeno gradivo, učenikovo razumijevanje može biti narušeno.

U stvarnim uvjetima, u prisustvu veće buke unutar učionice i one koju proizvode učenici, možemo pretpostaviti kako bi razumljivost govora bila još više narušena. Izmjereni razina buke u praznoj učionici krši važeći Zakon o zaštiti od buke i vrijednosti propisane Pravilnikom o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi borave i rade, a time nije ispunjen Pedagoški standard koji je propisan i obvezujući za sve škole.

Ovim istraživanjem potvrđene su dvije hipoteze H1 i H2 gotovo u cijelosti dok se hipoteza H3 može djelomično prihvatiti.

Pokazalo se da veća udaljenost slušača (učenika) od katedre (nastavnika) smanjuje razumljivost govora (H1), zatim da je razina buke značajno je viša u učionicama koje su na uličnoj strani škole (H2) i djelomično se potvrdilo da je razumljivost govora lošija je u učionicama s višom razinom buke (H3)..

Stoga bi trebalo znatno više informirati sve institucije i pojedince koji brinu o sustavu obrazovanja i pedagoškim standardima o potrebi poboljšanja akustičkih osobina učionica u školama. Američka asocijacija logopeda i audiologa – ASHA na svojim mrežnim stranicama daje pregled značajki unutrašnjeg uređenja učionice koje mogu doprinijeti povećanju razumljivosti govora odnosno smanjenju reverberacije zvuka. Prvenstveno se odnose na stropove, podove te zidove gdje se savjetuje postavljanje materijala koji apsorbiraju zvučnu energiju, poput panoa, tepiha. Kako bismo uklonili buku visokih frekvencija na pod možemo

postaviti tepih, a na stolove i stolice gumene podloge kako ne bi proizvodile dodatnu buku. Ukloniti klupe od izvora buke (akvarij, grafoskop/projektor). Smjestiti police u kutove prostorije kako bi se smanjila reverberacija. (Koški, Perak, 2010) Važno je učionicu dobro izolirati od vanjske buke, pa je tako dobro postaviti prozore s dvije staklene stjenke i vrata s jakim brtvama što se pokazalo kao dobra zvučna izolacija od buke.

S obzirom na to da je ovo bilo pilot-istraživanje s malim uzorkom i po prvi puta provedeno u Hrvatskoj, svakako bi bilo poželjno provesti sustavno istraživanje razumljivosti govora na reprezentativnom uzorku škola. Učenicima je važno osigurati propisane standarde razumljivosti govora jer razumljivost direktno utječe na njihova akademska postignuća a to je jednako važno za svakog učenika kao i za cijelu zajednicu.

7. LITERATURA

1. Andrijašević, A., Ivančević, B., Horvat, M., (2012): Evaluation of speech intelligibility in two acoustically different spaces using logatome test and measured impulse responses. *Engineering Review*, 32, 2, 78-85.
2. Airey, S., MacKenzie, D. (1999): Speech intelligibility in classrooms. *Proc-Inst Acoustic*, 21,5, 75–9.
3. Ansi/asa (2010) Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools, Part 1: Permanent Schools. S12 (60).
4. Astolfi, A., Pellerey, F. (2008): Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 123, 163–173.
5. Astolfi, A., Bottalico, P., Giulio, B. (2012): Subjective and objective speech intelligibility investigations in primary school classrooms. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 131, 247-257.
6. ASHA (2016) American Speech-Language-Hearing Association. Posjećeno 20. svibnja 2017. na mrežnim stranicama društva: <http://www.asha.org/public/hearing/Classroom-Acoustics/>
7. ASHA (2016) American Speech-Language-Hearing Association. Posjećeno 20. svibnja 2017. na mrežnim stranicama društva: <http://www.asha.org/public/hearing/American-National-Standard-on-Classroom-Acoustics/>
8. ASHA (2016) American Speech-Language-Hearing Association. Posjećeno 20. svibnja 2017. na mrežnim stranicama društva: <http://www.asha.org/public/hearing/American-National-Standard-on-Classroom-Acoustics/>
9. Bilan, O. (1998): Akustika prostorija: zvučnici, pojačala i spojni vodovi. Split: Vlastita naklada.

10. Bistafaa, S.R., Bradley, J.S. (2000): Reverberation time and maximum background-noise level for classrooms from a comparative study of speech intelligibility metrics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107, 861–875.
11. Brattico E, Kujala T, Tervaniemi M. (2005): Long-term exposure to occupational noise alters the cortical organization of sound processing. *Clin Neurophysiol*, 116, 190–203.
12. Bradley, J.S., Reich, R.D., Norcross, S.G. (1999): On the combined effects of signal-to-noise ratio and room acoustics on speech intelligibility. *Journal of the Acoustical Society of America*, 106, 1820-1829.
13. Bradley, J.S. (1986): Speech intelligibility studies in classrooms. *Journal of the Acoustical Society of America*, 80, 846–854.
14. Carvalho, A.P.O., Morgado, A., Henrique, L. (1997): Relationship between speech intelligibility and objective acoustic parameters or architectural features in catholic churches. *Noise Control Engineering Journal*, 97, 355–360.
15. Drinčić, D., Krstić, S., Ivanović, M., (2010): Akustičke karakteristike učionica VIŠER., ur. 18. Telekomunikacioni forum TELFOR 2010, 23.-25. studeni 2010, Beograd: Društvo za telekomunikacije, 1049-1052.
16. Drinčić, D., Krstić, S., Ivanović, M., (2010): Merenje akustičkih parametara prostorija za govor i muziku primenom softverskog paketa EASER. *INFOTEH-JAHORINA*, 9, 8, 449-453.
17. Escobar Gomez, V., Morillas Barrington, J.M. (2015): Analysis of intelligibility and reverberation time recommendations in educational rooms. *Applied Acoustics*, 96, 1-10.
18. Everest, F.A. (2009). *Master handbook of acoustics*. PA: McGraw-Hill.
19. Fant, G. (1981): The source filter concept in voice production. *STL-QPSR*, 22, 21-37.
20. Heđever, M. (2012). *Govorna akustika (Nastavni materijal za studente logopedije)*. Preuzeto 20. svibnja 2017. sa mrežnih stranica Edukacijsko rehabilitacijskog fakulteta: http://www.erf.unizg.hr/stari_web/Studenti/Dokumenti/GOVORNA_AKUSTIKA2012.pdf

21. Houtgast, T., Steenken, H.J.M. (1984): A multi-language evaluation of the RASTI-method for estimating speechintelligibility in auditoria. *Acustica*, 54, 185–199.
22. Jamieson, D.G., Kranjc, G., Yu, K., Hodgetts, W.E. (2004): Speech Intelligibility of Young School-Aged Children in the Presence of Real-Life Classroom Noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 15, 508–517.
23. Koški, Ž., Perak, M., (2010): Poboljšanje akustike prostorija apsorpcijskim materijalima i elementima. *Elektronički časopis Građevinskog fakulteta Osijek* ,1,1, 101-114.
24. Kusumoto, A., Arai, T., Kinoshita, K., Hodoshima, N., Vaughan, N. (2005): Modulation enhancement of speech by a pre-processing algorithm for improving intelligibility in reverberant environments. *Speech Communication*, 45, 2, 101-113.
25. Kuttruff, H. (2009). *Room acoustics*. New York: Spoon press.
26. Leo, K. (2010): Speech Intelligibility Measurements in Auditorium. *Acta Physic Polonica A*, 180, 110-114.
27. Lieberman, P. (2007): The evolution of human speech: its anatomical and neural bases. *Current Anthropology*, 48, 39 – 66.
28. Zakon o zaštiti od buke: *Narodne novine* (2009, br. 30 (1)).
29. Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave: *Narodne novine* (2004), br. 145 (10), str. 2548-2554.
30. Državni pedagoški standard osnovnoškolskog sustava odgoja i obrazovanja: *Narodne novine* (2008), br. 63 (08), str. 2128-2152.
31. Rabelo, A.T.V., Santos, J.N., Oliveira, R.C., Magalhaes, M.de C. (2014): Effect of classroom acoustics on the speech intelligibility of students. *CoDAS* , 26, 5, 360-366.
32. Steeneken, H.J.M., (1980). *The measurement of speech intelligibility*. Nizozemska: Gold lin.

33. 3M Occupational Health & Environmental Safety Division, (2012). The verifier: User manual. Sjedinjene američke države: Oconomowoc. Preuzeto 20. svibnja 2017. sa mrežnih stranica proizvođača: <http://multimedia.3m.com/mws/media/792751O/verfier-sound-level-meter-user-manual.pdf>
34. Zannin, P.H.T., Zwirtes, D.P.Z. (2009): Evaluation of the acoustic performance of classrooms in public schools. *Applied Acoustics*, 70, 626-635.
35. Zannin, P.H.T., Marcon, C.R. (2007): Objective and subjective evaluation of the acoustic comfort in classrooms. *Applied Ergonomics*, 38, 675-680.
36. Wikipedia, Speech transmission indek, Posjećeno 20. svibnja 2017. Na mrežnim stranicama: https://en.wikipedia.org/wiki/Speech_transmission_index