



Gregor Jurak,
Marjeta Kovač, Bojan Leskošek

Akustika v športnih dvoranah

Povzetek

Na ekspertno opredeljenem vzorcu 35 šolskih športnih dvoran smo preučevali akustične pogoje za poučevanje v različnih vrstah šolskih športnih dvoran v Sloveniji. S preciznim analizatorjem zvoka Nor140 (Norsonic, Norway) smo izmerili odmevni čas, nato pa smo izračunali indeks razumljivosti govora.

Ugotavljamo, da učitelji športne vzgoje delajo v slabih akustičnih pogojih, saj ima več kot 80 % športnih dvoran slabo ali zadovoljivo razumljivost govora. Akustika je odvisna od starosti in vrste športnih dvoran. Najboljše akustične odzive imajo večnamenske športne dvorane s tremi vadbenimi enotami, najslabše pa stare športne dvorane z eno vadbeno enoto.

Izboljšanje akustičnih pogojev v športnih dvoranah zahteva akustične spremembe prostora in ustrežnejše načine poučevanja. Glede na izsledke naše študije in primerjavo standardov v nekaterih drugih državah predlagamo standard za govorno razumljivost v naših športnih dvoranah ter vgradnjo ustrezne informacijsko-komunikacijske tehnologije v športne dvorane, ki bo učiteljem omogočala lažjo pripravo in posredovanje vidnih informacij.

Ključne besede: management športnih objektov, telovadnica, športna vzgoja, šola, učno okolje, zvok, odmevni čas, razumljivost govora.



■ Uvod

Učitelji stalno iščejo strategije za izboljšanje izobraževalnega procesa, pri tem pa so večinoma osredotočeni na didaktične postopke, manj pa na učno okolje. Učno okolje lahko razumemo kot rezultat dinamičnega razmerja med različnimi fizičnimi elementi in odnosi ter dejavnostmi različnih uporabnikov učne skupnosti. Ustrezno učno okolje olajša komunikacijo, zagotovi prijetno vzdušje in ugodno vpliva na zdravje ter zmožljivosti učencev in učiteljev. Pomemben del učnega okolja so elementi, ki vplivajo na govorjenje in poslušanje. Pri tem gre fizikalno za prenos zvoka po prostoru. Vsak zvok nosi neko določeno informacijo, ki je lahko razumljiva ali nerazumljiva, koristna ali nekoristna. Če v informaciji prevladuje nerazumljiva in/ali nekoristna komponenta, govorimo o motnji ali hrupu. Hrup je torej v učnem okolju neželena oblika zvoka, ki ima sicer subjektivno zaznavanje, odvisno od mnogih dejavnikov, tako nas npr. hrup, ki ga proizvajamo sami, manj moti, kot če ga proizvajajo drugi.

Slišnost učiteljev in vrstnikov je pomemben dejavnik akademske uspešnosti (Berg, Blair in Benson, 1996; Čarič in Čudina, 2003; Knecht, Nelson, Whitelaw in Feth, 2002; Nelson, 2000). Slabi akustični pogoji vplivajo tudi na nemir in negativno psihosocialno vedenje otrok (Crandell, Smaldino in Flexer 1995). Po drugi strani zmanjšanje hrupa (z akustičnimi prilagoditvami) vpliva na izboljšanje pozornosti otrok in poveča njihovo sodelovanje pri pouku (Lehman in Gratiot, 1983). Kljub navedenemu pa so akustični pogoji v večini učilnic daleč od optimalnih (McSporran, Butterworth in Rowson 1997; Knecht, Nelson, Whitelaw in Feth, 2002) in celo ogrožajo zdravje otrok (Bess idr., 1998; Niskar idr., 1998, 2001; Massi, Theodoros, McPherson, in Smaldino, 2004). Zaradi svojih značilnosti so akustične razmere še posebej zahtevne v športni dvorani.

Učitelji športne vzgoje med pomembne negativne dejavnike šolskega okolja uvrščajo izpostavljenost hrupu, ki je posledica slabe akustike športnih prostorov, velikega števila vadečih v prostoru ter drugih, za slišnost motečih dejavnikov (glasba, odbijanje velikega števila žog, rezki zvoki piščalk ipd.) (Bruck Marçal, in Peres, 2011; Kovač, Leskošek, Hadžić in Jurak, 2011; Lemoyne, Laurencelle, Lirette, in Trudeau, 2007). Posledice so težave z glasom in sluhom. Težave z glasom so ena najpogostejših poklicnih težav učiteljev različnih predmetov (Roy, Merrill, Thibeault, Gray in Smith, 2004; Soklič in Hočevvar-Boltežar, 2004), saj o njej poroča kar tretjina učiteljev, med običajno populacijo pa ima težave

z glasom le 1 % zaposlenih (Smith idr., 1998b). Roy in sodelavci (2004) ugotavljajo, da delež učiteljev, ki imajo težave z glasom, v zadnjih dveh desetletjih narašča, saj o težavah poroča kar 58 % anketirancev. Slovenski učitelji športne vzgoje uvrščajo tovrstne težave (hripavost in izguba glasu) na drugo mesto takoj za bolečinami v hrbtu (Kovač idr., 2011).

Pri športni vzgoji poučevanje v večji meri kot pri ostalih predmetih poteka prek prikaza, kljub temu pa je slišnost pomemben element učnega okolja, saj je učinkovitost prikaza večja, če ga kombiniramo z ustrezno razlago. Slišnost je pomembna zlasti pri pojasnjevanju novega gibanja, podajanju povratnih informacij vadečemu in razumevanju navodil pri organizaciji pouka. Izsledki namreč kažejo, da je mogoče izboljšanje učne uspešnosti pri športni vzgoji doseči z vadbo, pri kateri učitelj podaja individualne povratne informacije vadečim (Silverman, Tyson in Krampitz, 1992). Prav tako pa raziskave kažejo, da je mogoče povečati čas vadbe z zmanjšanjem časa, potrošenega za organizacijo pouka (Evertson in Harris, 1992; Siedentop, 2002). Zato je bil namen te študije ugotoviti, kakšni so specifični akustični pogoji v učnem okolju športne vzgoje. Ti pogoji lahko namreč pomembno vplivajo na učenčeve učne zmožnosti in na učiteljeve sposobnosti za poučevanje.

Akustika v športni dvorani

Akustika je multidisciplinarno področje, ki obravnava nihanje in širjenja valovanja zvoka. V športni dvorani se govor prenaša od učitelja do učencev prek kombinacije neposrednega in odbojnega zvoka. Neposredni zvok potuje od učitelja in postane odbojni zvok, ko trči v enega ali več predmetov ali podlag v prostoru. Ta odbojni zvok je znan kot *odmevni čas*. Položaj učenca v dvorani ustvarja posebno kombinacijo neposrednega in odbojnega zvoka, ki ga sliši učenec. Razdalja med učiteljem in učenci določa potrebno količino akustične energije neposrednega in odbojnega zvoka. Zaradi velikosti športne dvorane je ta razdalja večja kot v običajni učilnici. Energija govora, ki jo prejmejo učenci prek neposrednega in odbojnega zvoka, je bolj intenzivna, kot takrat, ko slušatelja doseže le neposredni zvok. Vendar pa lahko preveč odbojnega zvoka slabo vpliva na *razumljivost govora*. Športna dvorana je zahtevno slušno okolje, saj so to veliki prostori, zgrajeni iz trdih odbojnih elementov, večinoma gladkih površin sten, tal in stropa, da vzdržijo dolga leta uporabe za različne športne dejavnosti. To pa povzroča dolg odmevni čas, ki vpliva na razumljivost govora in na raven hrupa v prostoru.

Navedene akustične značilnosti pridejo posebej do izraza, ker je dejavnost v športnih dvoranah zaradi njihove narave glasna (Bruck Marçal in Peres, 2011; Lemoyné idr., 2007; Palma, Mattos, Almeida in Oliveira, 2009). Športne dejavnosti so hrupne zaradi odbojev žog, glasnejšega govorjenja, včasih kričanja in navijanja, skakanja, uporabe piščalke, tekanja ali glasbe, število vadečih v športni dvorani pa je veliko, večkrat lahko istočasno vadi celo več skupin in to različne vsebine (npr. košarka, ples, elementarne igre). Velik hrup in slabi akustični pogoji pripomorejo k temu, da raven hrupa v športni dvorani narašča, saj zaradi slabe razumljivosti govora in slabše pozornosti učencev povzdigujejo glas učitelj in učenci.

Preglednica 1: Jakost hrupa pri različnih dejavnostih

Jakost hrupa	Jakost dBA	Dejavnost
	20–30	Tiktakanje ure v zelo tihi sobi.
Majhna	30–40	Študijski prostori, osnovni hrup v hiši.
	40–50	Mirne pisarne, hladilnik.
Zmerna	50–60	Običajen govor.
	60–70	Avto, glasnejše pisarne, pomivalni stroj.
Glasno	70–80	Fino brušenje, budilka, prometna cesta.
Zelo glasno	80–90	Varjenje, mehanska obdelovalnica, glasna restavracija.
	90–100	Tkalnica, brusilnica, kosilnica.
	100–110	Ročno brušenje kovin, šolska telovadnica.
Skrajno glasno	110–120	Hrupna glasba, zvok avtomobilske hupe.
	120–130	Hrup reaktivnih letal, rezanje s plazmo.
Boleča akustična poškodba	130–140	Eksplozija.

Hrup se meri v decibelih (dB) na skali od nič do 140. Višja vrednost pomeni večji hrup (Preglednica 1). Večji in pogostejši je hrup, večje je tveganje za izgubo sluha. Mera dB(A) izraža časovno vrednoteno povprečje izpostavljenosti hrupu za osemurni delovni dan, mera dB(C) pa konično raven zvočnega tlaka. Izguba sluha lahko nastane pri hipni izpostavljenosti izjemno visokemu hrupu ali redni izpostavljenosti hrupu na 110 dB(C) za več kot minutno obdobje. Prav tako pa lahko povzroči izgubo sluha tudi dolgotrajna (dnevna ali tedenska) izpostavljenost hrupu, ki presega 85 dB(A). Strokovnjaki priporočajo, da nismo nezaščiteni izpostavljeni več kot 15 minut hrupu jakosti 100 dB(C).

Preučevanje hrupa v športnih dvoranah je pokazalo, da so športne dvorane izredno hrupni prostori. Raziskave namreč kažejo, da v športnih dvoranah, v katerih poteka pouk, povprečna raven hrupa dosega med 74 dB(A) in 101 dB(A), konična raven pa sega vse do 111 dB(C) 135 dB(C) (Augustynska, Kaczmaska, Mikulski in Radosz, 2010; Čarič in Čudina, 2003; Maffej, Iannace in Masullo, 2011; Mirbod idr., 1994; Palma idr., 2009).

Posledično vse več državnih in mednarodnih uredb in smernic priporoča omejevanje hrupa in predlaga ali zahteva minimalne vrednosti zvočne izolacije med prostori in na zunanjih stenah (Palma idr., 2009). Predlagajo tudi optimalni odmevni čas in zgornjo mejo emisije hrupa, ki ga povzroča oprema v prostoru (Maffej, Iannace in Masullo, 2011). V Evropi Direktiva 2003/10ES določa kot mejno vrednost dnevne izpostavljenosti hrupu 85 dB(A).

Kot je bilo predstavljeno, je hrup v veliki meri odvisen od akustičnih pogojev prostora. Akustični pogoji v izobraževalnih prostorih se merijo kot hrup v ozadju. Tako smernice ASHA¹ priporočajo, da hrup v ozadju ne sme presegati 30 dB(A), ANSI² standardi in britanski standard Building Bulletin 93 (2003) pa predpisujejo 40 dB(A) tovrstnega hrupa. Pri nas tovrstne zahteve določa Pravilnik o zvočni zaščiti stavb. Športna dvorana ni navedena posebej, zato jo lahko uvrstimo v skupino učilnic z omejitvijo 40 dB(A) hrupa v ozadju. Raziskava hrupne izpostavljenosti športnih dvoran na Floridi v ZDA je pokazala, da nimajo ustreznih akustičnih pogojev, saj so zabeležene povprečne vrednosti hrupa v ozadju 56,1 dB(A), samo ena športna dvorana pa je imela hrup nižji od 40 dB(A) (Ryan in Lucks Mendel, 2010).

Najpogostejše uporabljen pokazatelj prostorske akustike je odmevni čas. Z meritvijo odmevnega časa in z analizo izmerjenih vrednosti lahko določimo kakovost akustičnih pogojev prostora. Ponekod imajo določene najvišje možne vrednosti odmevnih časov (Building Bulletin 93, 2003; ÖNORM B 2608, 2012), pri nas pa obstajajo zgolj priporočila. V splošnem velja, da čim daljši je odmevni čas, tem slabša je akustična kakovost prostora, vendar pa na optimalni odmevni čas vpliva več dejavnikov: volumen prostora, geometrija prostora, namembnost športne dvorane (pouk športne vzgoje, prireditve) in število skupin uporabnikov dvorane istočasno (ena vadbena skupina, ena dejavnost, komunikacija z eno vadbeno skupino ali več vadbenih skupin, več dejavnosti, hkratna komunikacija več skupin).

¹American Speech-Language-Hearing Association

²American National Standards Institute

Standard v Veliki Britaniji (Building Bulletin 93, 2003) za posamezne športne objekte določa naslednji odmevni čas:

- šolske športne dvorane < 1,5 s,
- bazeni < 2 s,
- plesne dvorane < 1,2 s,
- večnamenske športne dvorane < 0,8–1,2 s.

Avstrijski standard (ÖNORM B 2608, 2012) je natančnejši, saj odmevni čas opredeljuje glede na posamezne prostornine, od 0,85 sekunde za majhne telovadnice do 1,94 sekunde za velike športne dvorane s štirimi vadbenimi enotami.

Akustiko prostora pa je mogoče opisati tudi z različnimi akustičnimi indeksi, izpeljanimi iz odmevnega časa. Med njimi je široko uporabljen indeks razumljivosti govora¹.

Vpliv akustike na učence

Preprost model obravnave učenčeve slišne zaznave in razumevanja posredovane učne snovi opredeljuje, da je pravilno dojetje govora rezultat prepleta dohodnih informacij in shranjenega znanja (Crandell, Smaldino in Flexer, 2005). Vsako izkrivljanje dohodnih informacij ali nepopolnega shranjevanja znanja lahko zmanjša učenčevo sposobnost za učenje.

Številne študije so pokazale, da so pri šolskih otrocih ustrezni akustični pogoji še posebej pomembni.

Prepoznavanje razumljivosti govora je pri otrocih v hrupnih razmerah slabše kot pri odraslih (Nilsson, Soli in Sullivan 1994; Soli in Sullivan, 1997; Stelmachowicz idr., 2000). Mlajši, kot so otroci, manj učinkovito slišijo v hrupu (Elliott, 1979; Werner in Boike, 2001) in slabše razumejo govor v odmevnih pogojih (Litovsky, 1997; Johnson, 2000). S povečevanjem razdalje otroci izgubljajo razumljivost govora (Leavitt in Flexer, 1991; Crandell in Smaldino, 1994). Otroci so tudi zelo dovzetni za vnetja srednjega ušesa, kar povzroči začasno poslabšanje sluha (Stoll in Fink, 1996). Posebne zahteve za učno okolje z jasno komunikacijo pa zahtevajo učenci z motnjami pozornosti, učnimi težavami, jezikovno-govornimi motnjami (Cunningham idr., 2001), slušnimi težavami (Bess, Dodd-Murphy in Parker, 1998; Niskar idr., 2001) in otroci, pri katerih jezik poučevanja ni materni jezik (Ėriks-Brophy in Ayukawa, 2000).

Studebaker idr. (1999) ugotavljajo, da poslušalci govora ne razumejo dobro, ko skupna raven zvoka preseže

69 dB(A). Glede na ugotovljene ravni hrupa v športnih dvoranah učenci torej zelo slabo razumejo razlago. Še več, prevelik in prepogost hrup lahko vpliva na njihov sluh. Študije v ZDA (Bess idr., 1998; Niskar idr., 1998, 2001) so odkrile, da ima 12,5–15 % otrok rahlo izgubo sluha. V nasprotju z začasno izgubo sluha zaradi ušesnih vnetij je stalna izguba sluha povezana s trajno poškodbo senzoričnih celic notranjega ušesa ali slušnega živca. Senzorinevralna izguba sluha ne pomeni samo slabšega zaznavanja intenzivnosti zvoka, temveč izkrivlja tudi zvok. Vzroki za izgubo sluha so zelo različni. Lahko so posledica bolezni ali genetike, povzroči jo lahko tudi prekomerni hrup v kombinaciji z drugimi dejavniki. Bess idr. (1998) ugotavljajo, da se otroci z rahlo izgubo sluha sploh ne zavedajo primanjkljaja sluha, medtem ko se v primerjavi z drugimi otroki spremeni njihovo vedenje, socialno vključevanje, energičnost in samopodoba.

Vpliv akustike na učitelje

Slaba akustika prostorov ne povzroča težav samo učencem, temveč še bolj učiteljem. Če imajo učenci probleme, ker zaradi hrupne okolice in manjše pozornosti v večjem prostoru ne slišijo učitelja, imajo učitelji probleme, ker morajo to isto hrupno okolico preglasiti s svojim glasom. Lemoyne idr. (2007) navajajo, da učitelji športne vzgoje na vseh stopnjah šolanja (osnovna, srednja in višja šola) zaznavajo hrup kot najpomembnejši dejavnik poklicnega tveganja. Pri tem je subjektivno zaznavanje pomembnosti negativnih vplivov hrupa največje med osnovnošolskimi učitelji in najmanjše med učitelji na višjih šolah.

Če učitelj želi, da ga bodo učenci učinkovito slišali, mora biti njegov govor vsaj 10 dB višji od hrupa okolja (Steward, 2009). Da bo učiteljev govor dobro razumljiv za učence, mora biti učitelj od njih oddaljen približno dva metra (Crandell in Smaldino, 1994). Doseganje te razdalje pri pouku športne vzgoje zahteva ustrezno organizacijo dela, večkrat pa je to praktično nemogoče, ker so učenci razpršeni po večjem prostoru. To pomeni, da mnogi učitelji športne vzgoje pogosto povzdigujejo glas, pri tem pa kot vzrok pretirano glasnega govorjenja poleg slabe akustike in velikega števila učencev v prostoru poudarjajo še nedisciplino učencev (Lemoyne idr., 2007). Povprečno intenziven nivo govora je do 65 dB. Glasno govorjenje ali celo kričanje pri učiteljih športne vzgoje in trenerjih pa zaradi akustičnih pogojev prostora ojači glas tudi do 100 dB.

Poleg glasovne obremenitve v šoli so nekateri učitelji tudi trenerji v popoldanskih urah, kar še poveča njihovo

¹Ang. Speech Transmission Index (STI)

vo dnevno glasovno obremenitev (Lemoyne idr., 2007). Da bi učitelji svoje delo dobro opravljali, bi morali biti v dobri glasovni formi. Nekateri učitelji so sicer sposobni dolgo časa vzdrževati močan/dvignjen glas, vendar bodo v vsakem primeru na koncu šolskega dne zato bolj utrujeni (Berg idr., 1996). Maffei, Iannace in Masullo (2011) ugotavljajo, da je več kot 80 % učiteljev športne vzgoje tedensko izpostavljeno več kot 75 dB hrupa, 25 % pa jih je izpostavljeno več kot 80 dB. Tako imata predolga raba glasu in zloraba resne zdravstvene posledice, ki lahko pripeljejo do začasnih ali celo stalnih izgub glasovnih funkcij (Trout in Mccoll, 2007). Največkrat je rezultat prevelike obremenitve glasilk njihovo zatekanje in vnetje. Glas postaja hripav in šibak, učitelj športne vzgoje pa z namenom, da bi bil slišan, še dodatno obremenjuje glasilke, kar privede do resnih disfoničnih motenj. Razvijejo se vozliči, ki jih lahko pozdravi samo glasovna terapija logopeda. Takšne ali drugačne težave z glasom naj bi imelo kar 32–58 % učiteljev, medtem ko ima te težave le 1 % ostale populacije (Roy, idr., 2004; Smith, Lemake, Taylor, Kirchner in Hoffman, 1998b).

Skladno z navedenim večina študij, ki so preučevale poklicna obolenja učiteljev športne vzgoje, navajajo težave z glasom (Lemoyne idr., 2007; Simberg, Sala, Vehmas in Laine, 2005; Smith, Kirchner, Taylor, Hoffman in Lemke, 1998a; Smith, Lemke, Taylor, Kirchner in Hoffman, 1998b) in sluhom (Lemoyne idr., 2007) kot ene najbolj pogostih v tem poklicu. Zaradi že opisanih akustičnih pogojev dela imajo učitelji športne vzgoje večje tveganje za težave z glasom v primerjavi z drugimi učitelji (Smith, Kirchner, idr., 1998; Jonsdottir, Boyle, Martin in Sigurdardottir, 2002). Težave z glasom in izguba glasu so pogostejše med ženskami (Bruck Marçal in Peres, 2011; Jonsdottir, idr., 2002; Kovač idr., 2011; Smith, Kirchner, idr., 1998; Russell, idr., 1998). Rezultati študij o teževah z glasom in starostjo pa so si nasprotujoči. Medtem ko nekatere študije ugotavljajo večje težave med starejšimi učitelji športne vzgoje (Roy idr., 2004; Kovač idr., 2011), drugi izpostavljajo, da pogostost težav z glasom ni odvisna od starosti učiteljev športne vzgoje

(Smith in Kirchner idr., 1998). Izpostavljenost hrupu daljše obdobje povzroča med delavci različnih poklicev tudi druge zdravstvene probleme, kot so povišan krvni tlak, večja možnost poklicnih nesreč, akutni stres in poškodbe notranjih ušesnih delov (Melamed, Fried in Froom, 2004). Augustynska, Kaczmaska, Mikulski in Radosz (2010) pa ugotavljajo tudi dolgoročne učinke izpostavljenosti hrupu učiteljev v obliki motenj pozornosti in koncentracije. Poleg tega, da imajo težave z glasom negativne vplive na opravljanje poklica in posledično na kakovost življenja tistih, ki imajo težave (Ma in Yiu, 2001; Roy idr., 2004; Smith idr., 1996; Yiu, 2002), pomenijo tudi pomembne stroške za zdravstveno varstvo (Smith, Lemke idr., 1998; Verdolini in Ramig, 2001). Tako Smith, Lemke idr. (1998) poročajo, da je bilo odsotnih z dela zaradi težav z glasom okoli 20 % učiteljev, med drugimi poklici pa je bilo zaradi te težave odsotnih le 4 % zaposlenih.

Ob hripavosti in izgubi glasu se pojavljajo težave s sluhom ali celo večje okvare sluha. Težave s sluhom imajo v večji meri moški učitelji športne vzgoje in s starostjo se težave povečujejo oziroma jih ima vedno več učiteljev (Kovač idr., 2011). Slišno polje (slišnost ušesa med 20Hz in 20kHz) se sicer lahko zmanjša zaradi zdravstvenih, dednih, starostnih ali profesionalnih vzrokov, vendar so najpogostejši prav profesionalni ali delovni vzroki. Tveganje za pojavnost teh težav pri učiteljih športne vzgoje še poveča pogosta uporaba piščalke in neuporaba ušesne zaščite.

Skladno s predstavljeno problematiko smo pri našem raziskovalnem delu želeli ugotoviti akustične pogoje za poučevanje v različnih vrstah šolskih športnih dvoran v Sloveniji.

Metode dela

Izbor enot

Akustika je bila merjena na 35 šolskih športnih dvoranh, razdeljenih v štiri skupine (Preglednica 2).

Preglednica 2: Skupine športnih dvoran, kjer je bila merjena akustika

Okrajšava	Skupina dvorane	Število dvoran	Starost v letih
šp. dvor. 3 VE	Športna dvorana s 3 vadbenimi enotami (najmanjše velikosti 42x23x7 m)	10	15,9 (12,6)
šp. dvor. 2 VE	Športna dvorana z 2 vadbenima enotama (približne velikosti 30x20x7 m)	9	18,2 (10,3)
stara šp. dv. 1 VE	Stara športna dvorana z 1 vadbeno enoto (nekoč 2 vadbeni enoti, velikosti 28–20 m dolžine in manj kot 20 m širine)	10	50,8 (34,7)
mala tel. 1 VE	Mala telovadnica ali posebna športna dvorana (npr. za ples, fitnes, gimnastiko)	6	46,8 (39,5)

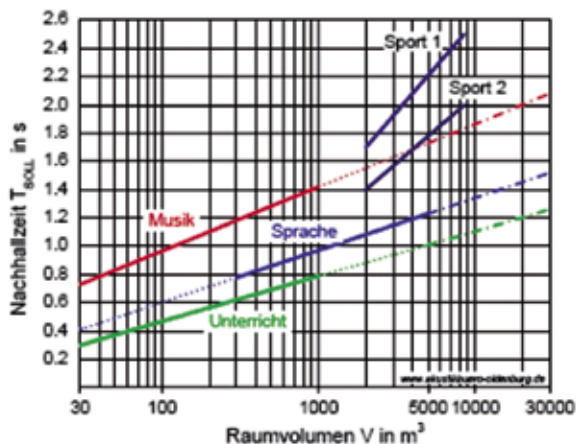
Merjene značilnosti

Z laserskim merilnikom smo izmerili prostornino športne dvorane. Merjen pokazatelj akustike športne dvorane je bil odmevni čas zvoka, sproženega s pokom signalne pištole. Meritve so bile izvedene na več mestih v športni dvorani, v kateri ni bilo učencev in učiteljev. Število mest merjenja je bilo odvisno od velikosti in oblike športne dvorane. Tako dobljene akustične odzive prostora (zvočne signale) smo zaznali s preciznim analizatorjem zvoka Nor140. Zvočno datoteko smo prenesli v računalnik, kjer smo jo obdelali z akustičnim računalniškim programom DIRAC Room Acoustic Software (Bruel&Kjaer) in izračunali odmevne čase posamezne merilne točke po celotnem, za človeka slišnem frekvenčnem spektru. Meritve in analize je izvedel usposobljen merilec.

Analiza podatkov

Z meritvijo odmevnega časa v posamezni športni dvorani smo dobili podatek, koliko sekund zvok v prostoru, po prenehanju zvočnega dogodka, še vztraja (se odbija, preden zamre). Ta čas smo primerjali z optimalnim

odmevnim časom glede na značilnosti športne dvorane. Referenčne vrednosti optimalnega odmevnega časa smo izračunali po DIN 18041 (prikaz 1).



Prikaz 1: Optimalni odmevni časi glede na volumen in namembnost prostora po DIN 18041

Elementa za računanje oz. določanje optimalnega odmevnega časa sta bila prostornina dvorane ($v\ m^3$) ter število vadbenih skupin s hkratnim izvajanjem enega



Slika 1: Prikaz merjenja odmevnega časa.

ali več športov istočasno v športni dvorani. Slednje podatke smo pridobili od učiteljev športne vzgoje, ki poučujejo v športnih dvoranah.

Izračun optimalnega odmevnega časa za eno vadbeno skupino hkrati v dvorani (Šport-1):

Optimalni odmevni čas za Šport-1 = $1,27 \times \log V - 2,49$ (sek).

Izračun optimalnega odmevnega časa za več vadbenih skupin hkrati v dvorani (Šport-2):

Optimalni odmevni čas za Šport-2 = $0,95 \times \log V - 1,74$ (sek).

Standard DIN 18041 navaja, da je še dopustno odstopanje od optimalnega odmevnega časa +/- 20 %.

Standard za prostore z volumnom nad 8.500 m³ in pod 2.000 m³ ne navaja kriterija oz. formule za izračun. Za volumne nad 8.500 m³ se kot optimalni čas vzame maksimalne vrednosti za Šport-1 (2,5 sekunde) in za Šport-2 (2,0 sekunde) z dodatnim kriterijem, ali v prostoru pretežno poteka pouk ene ali več vadbenih skupin istočasno. Za prostore volumna pod 2.000 m³ se za optimalni odmevni čas vzame srednje vrednosti med Šport-1 in Šport-2 ne glede na to, ali je v prostoru ena ali več vadbenih skupin istočasno.

Akustične pogoje za poučevanje v posamezni športni dvorane smo ovrednotili po štirih kriterijih.

- Odmevni čas. Izmerili smo odmevni čas (v stotinkah sekunde) pri 500Hz in 2000Hz, ker območje med tema dvema frekvencama predstavlja za človeško uho najbolj slišne frekvence. Izmerjen odmevni čas smo nato primerjali z optimalnim odmevnim časom posameznega prostora, da smo ugotovili kakovost akustike športne dvorane.
- Potek krivulj (izmerjenih odmevnih časov). Čim bolj vodoraven je potek krivulj izmerjenih odmevnih časov, tem bolj enakomeren je odmevni čas po frekvenčnem spektru in tem boljša je akustična kakovost prostora. Potek krivulj smo ocenili na sedemstopenjski lestvici: močno nevodoravne, zelo nevodoravne, precej nevodoravne, rahlo nevodoravne, precej vodoravne in vodoravne krivulje.
- Indeks razumljivosti govora (indeks STI) je izračunan iz izmerjenega odmevnega časa posameznega prostora in posamezne merilne točke v prostoru. STI indeks ima lahko vrednosti od 0 do 1. Čim višji je indeks STI, tem boljša je govorna razumljivost v prostoru (Preglednica 3).

Preglednica 3: STI indeks in ocena govorne razumljivosti

Indeks STI	Ocena govorne razumljivosti
0,00–0,30	nezadostno
0,30–0,45	slabo
0,45–0,60	zadovoljivo
0,60–0,75	dobro
0,75–1,00	odlično

– Ponavljajoči odmev je pojav večkratnega odboja zvoka od mejnih, med seboj vzporednih ploskev prostora, pri katerem se refleksije zvoka hitro vrstijo druga za drugo. Ponavljajoči odmev pomeni akustično motnjo v prostoru in poslabšuje akustično kakovost prostora. Kadar je prisoten, ga ocenjujemo s šibek (manj moteč), močan (moteč) in zelo močan (zelo moteč) ponavljajoči odmev.

Učinkovitost akustične posodobitve športne dvorane smo ovrednotili na podlagi zgoraj navedenih akustičnih pogojev pred in po posodobitvi dveh možnih rešitev: z vpojniki (absorberji) zvoka in akustičnimi stropnimi ter stenski oblogami. Rešitev smo preverili tudi z uporabniškega vidika trajnosti, motnje v prostoru pri izvajanju dejavnosti in videza.

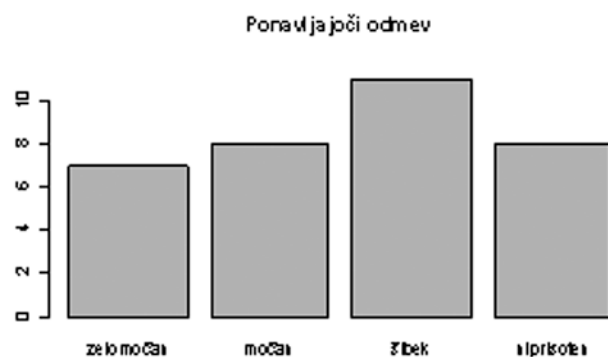
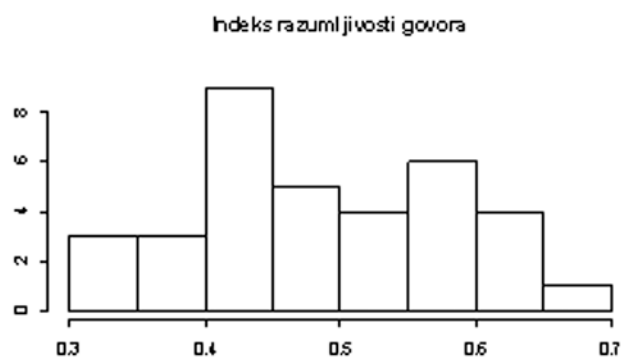
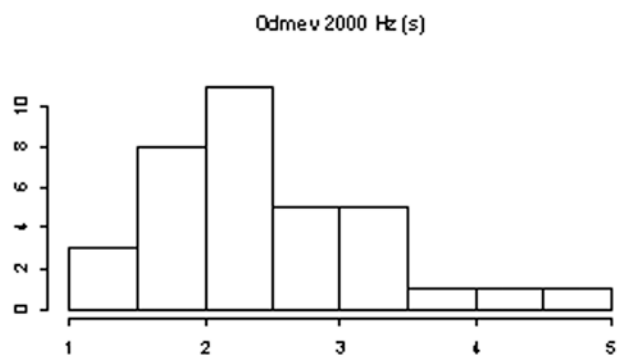
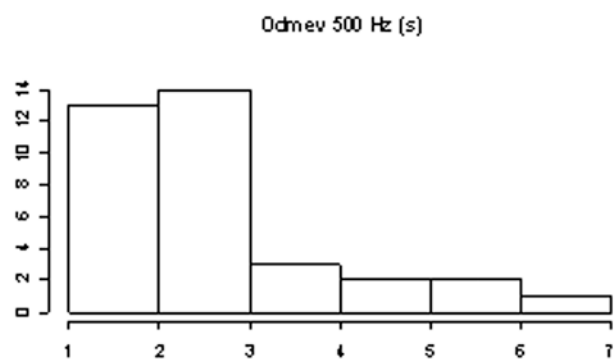
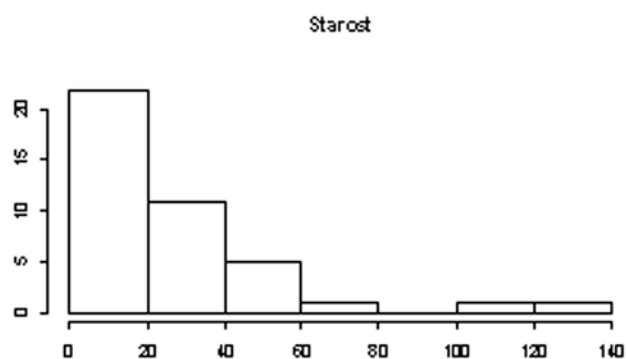
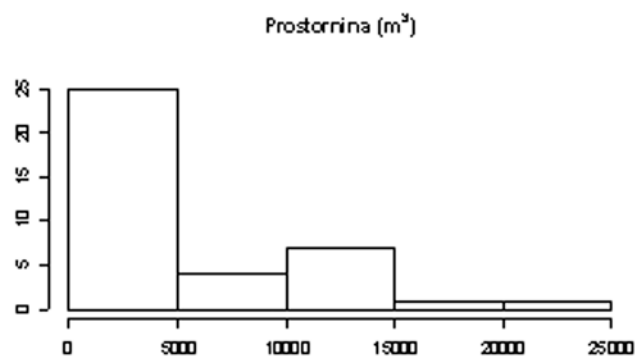
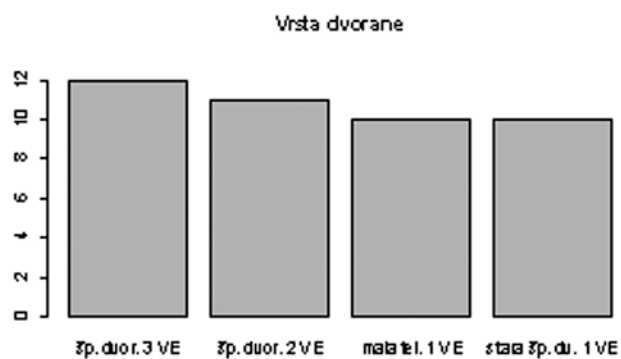
Analiza podatkov

Podatki so bili analizirani s programom SPSS Statistics 18.0. Izračunane so bile osnovne statistike porazdelitve spremenljivk. Za testiranje razlik v akustičnih spremenljivkah glede na vrsto športne dvorane smo uporabili χ^2 test in Cramerjev V koeficient. Povezanost med posameznimi akustičnimi spremenljivkami in starostjo športnih dvoran smo testirali s Spearmanovim koeficientom korelacije.

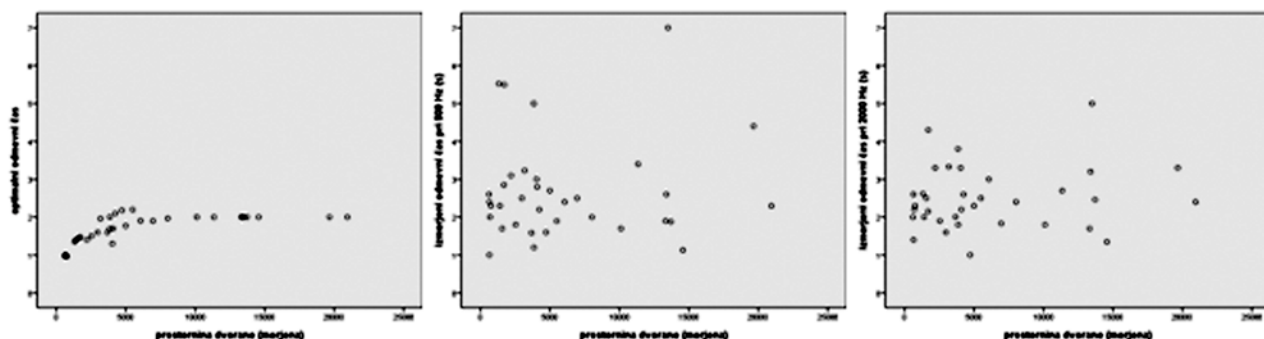
Podrobne analize akustičnih pogojev v posameznih športnih dvoranah so prikazane v prilogi raziskovalnega poročila (Jurak idr., 2012).

Rezultati akustičnih pogojev v športnih dvoranah

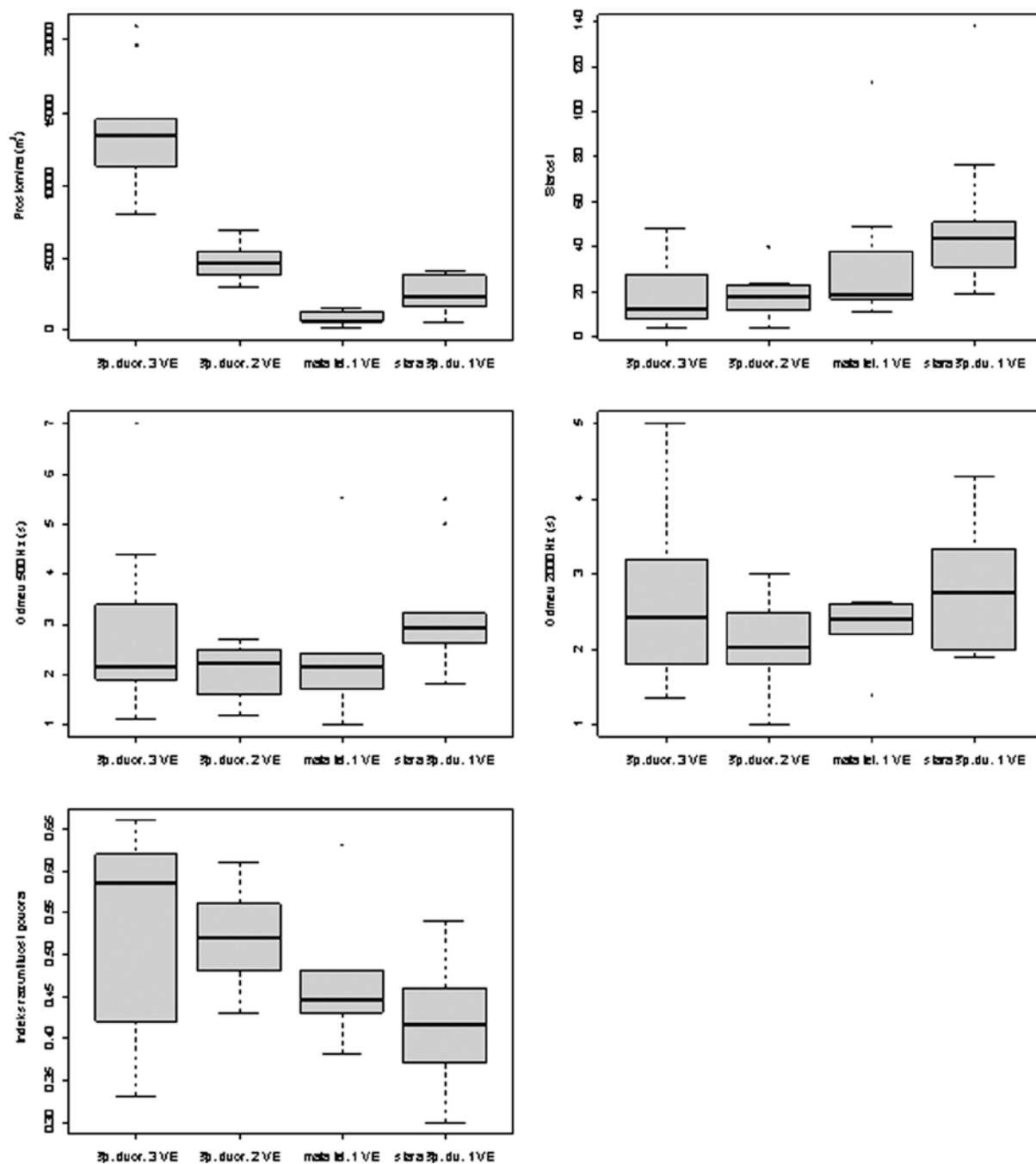
Primerjava optimalnih in dejansko izmerjenih odmevnih časov (Prikaz 3) kaže na precejšnja odstopanja. Optimalni odmevni časi se glede na prostornino gibljejo med 1,7 in 2,2 sekunde, nekateri izmerjeni časi pa segajo tudi do 7 sekund. Vidno je, da so dejanski odmevni časi ponekod zelo dolgi tudi v manjših športnih dvoranah.



Prikaz 2: Porazdelitev spremenljivk akustičnih pogojev v športnih dvoranah



Prikaz 3: Optimalni in izmerjeni odmevni čas pri 500 in 2000 Hz v primerjavi s prostornino športne dvorane



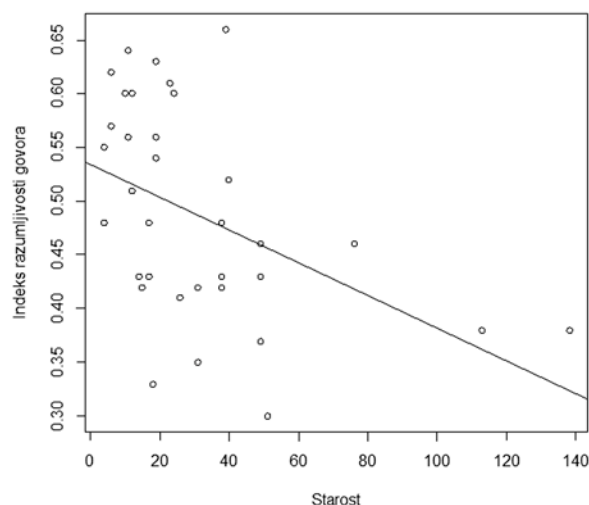
Prikaz 4: Razlike v akustičnih pogojih glede na vrsto športne dvorane

Preglednica 4: Delež športnih dvoran v posamezni skupini glede na oceno govorne razumljivosti

Indeks STI	Ocena govorne razumljivosti	Število športnih dvoran	Delež
0,00–0,30	nezadostno	1	2,9 %
0,30–0,45	slabo	14	40,0 %
0,45–0,60	zadovoljivo	15	42,9 %
0,60–0,75	dobro	5	14,3 %
0,75–1,00	odlično	0	0,0 %

Primerjava ocen govorne razumljivosti z razredi po STI indeksu (Preglednica 3) kaže, da niti ena dvorana ni dosegla ocene odlično, saj je najvišja ocen 0,66. Velika večina športnih dvoran (več kot 80 %) se uvršča v skupini slabo in zadovoljivo. Analiza razlik med posameznimi skupinami športnih dvoran v STI indeksu kaže, da med njimi obstajajo statistično značilne razlike na ravni $p < 0,019$ ($\chi^2 = 9,924$; $sp = 3$). Te razlike nastajajo zlasti zaradi odmevnih časov pri 500 in 2000 Hz, saj ni statistično značilnih razlik v spremenljivkah potek krivulj (Cramer's $V = 0,437$; $p < 0,330$) in ponavljajoči odmev (Cramer's $V = 0,337$; $p < 0,251$).

Prikaz vrednosti median po posameznih skupinah športnih dvoran (Prikaz 4) kaže, da imajo športne dvorane s tremi vadbenimi enotami precej večjo prostornino od drugih dvoran, zato so optimalni odmevni časi tam daljši. Kljub temu izmerjeni odmevni časi pri 500 in 2000 Hz v teh dvoranah niso večji, kar omogoča boljšo razumljivost govora. Iz prikaza je vidno, da so te dvorane v povprečju najmanj stare.



Prikaz 5: Povezava med starostjo športnih dvoran in indeksom razumljivosti govora

Analiza povezav akustičnih pokazateljev s starostjo dvoran je pokazala, da obstajajo statistično značilne povezave starosti dvoran z indeksom STI ($p = 0,003$, $ro = -0,49$; Prikaz 5), potekom krivulj ($p = 0,000$; $ro = 0,04$) in izmerjenim odmevnim časom pri 500 Hz ($p = 0,013$; $ro = -0,42$), medtem ko je izmerjeni odmevni čas pri 2000 Hz na meji statistične značilnosti ($p = 0,057$; $ro = -0,32$).

Indeks STI je v visoki korelaciji z izmerjenima časoma pri 2000 Hz ($ro = 0,75$) in 500 Hz ($ro = 0,74$), prav tako pa med tema spremenljivkama obstaja visoka povezanost ($ro = 0,73$).

Razprava

Študija dodaja znanje o akustičnih pogojih dela v športnih dvoranah. Najpomembnejša ugotovitev naše študije je, da so akustični pogoji v slovenskih šolskih športnih dvoranah slabi, kar otežuje izvajanje pedagoškega procesa v njih, posledično pa vpliva na to, da športni pedagogi prepoznavajo težave z glasom kot drugo najpomembnejšo poklicno zdravstveno težavo (Kovač idr., 2011). Med posameznimi skupinami športnih dvoran obstajajo razlike v akustiki. Najboljše akustične odzive imajo večnamenske športne dvorane s tremi vadbenimi enotami, najslabše pa stare športne dvorane z eno vadbeno enoto. Ugotavljamo, da je akustika športnih dvoran povezana z njihovo starostjo.

Če gledamo na akustiko kot pomemben dejavnik učnega okolja pri športni vzgoji ali drugi športni vadbi, potem lahko opredelimo naslednje dejavnike tega okolja: govorec (učitelj, trener ali učenec), zvok v ozadju (kričanje, odbijanje žog, škripanje copat, škripanje tal, piščalka, glasba, prezračevanje), akustični pogoji prostora in slušatelji. Učitelj lahko z organizacijo vadbe v športni dvorani vpliva na zvok v ozadju, z uporabo pomagal pa na glasnost oz. slišnost govora, ne more pa z organizacijo pouka vplivati na akustične pogoje. Ti pogoji so namreč odvisni od arhitektonskih značilnosti športne dvorane. Na te pogoje lahko učitelj vpliva posredno s prizadevanji za ustrezne akustične lastnosti ob sami izgradnji dvorane ali za njihovo izboljšanje ob prenovi dvorane.

Naši izsledki kažejo, da športna vadba v šolskih športnih dvoranah poteka v slabih akustičnih pogojih. Niti ena športna dvorana v obravnavanem vzorcu po kriterijih SIT indeksa ne dosega odličnih akustičnih pogojev. Dejansko izmerjeni odmevni časi v športnih dvoranah so precej daljši od optimalnih (Prikaz 3), potek krivulj izmerjenih odmevnih časov je neenakomeren,

v skoraj polovici dvoran se pojavlja tudi močan ponavljajoči odmev (Prikaz 2), zato je govorna razumljivost v športnih dvoranh na splošno nezadovoljiva (Preglednica 4). Navedene akustične lastnosti pa so različne glede na posamezne skupine športnih dvoran (Prikaz 4) in so odvisne od starosti športnih dvoran (Prikaz 5). Najboljše akustične lastnosti imajo večnamenske športne dvorane s tremi vadbenimi enotami, ki so tudi v povprečju najmlajše, najslabše pa večnamenske stare športne dvorane z eno vadbeno enoto. Opozoriti pa velja, da je pri dvoranh s tremi vadbenimi enotami viden največji razpon vrednosti, saj med njimi najdemo dvorane z najboljšimi akustičnimi pogoji, pa tudi takšne z najslabšimi. To kaže, da so ponekod pri projektiranju novejših dvoran posvetili večjo skrb ustrezni akustično obdelavi prostora, drugod pa ne. Glede na posledice neustreznih akustičnih pogojev se sprašujemo, zakaj podobno kot ponekod v tujini tudi pri nas ne obstaja standard, ki bi učiteljem in vadečim zagotavljal prijetno učno okolje? Opozorili bi še na izjemno slabo akustiko majhnih telovadnic, ki so namenjene predvsem izvajanju pouka športne vzgoje v prvem in delu drugega vzgojno-izobraževalnega obdobja. V teh dvoranh poučuje učiteljica razrednega pouka z manjšim organizacijskim znanjem (Kovač, Strel in Jurak, 2008), število učencev v vadbeni skupini pa lahko skladno s Pravilnikom o normativih in standardih za izvajanje programa osnovne šole (2007, 2008, 2010) dosega tudi 28. Pri mlajših učencih, kjer pouk poteka v velikih skupinah na omejenem prostoru, pa je tudi disciplina bolj problematična (Lemoyne idr., 2007). Zato ni čudno, da Štembergerjeva (2003) ugotavlja, da je kakovost gibalnega znanja učencev prvega triletnja v veliki meri povezana s kakovostjo materialnih pogojev, ki jih ima šola za izvedbo športne vzgoje. Pri izboljšanju akustičnih lastnosti slovenskih športnih dvoran se je treba zavedati, da so precej manjši problem novogradnje in precej širši akustična posodobitev obstoječih športnih dvoran. V Sloveniji smo namreč v preteklosti zgradili ustrezno mrežo šolskih športnih dvoran; njihova srednja starost pa je 32 let (Jurak idr., 2012). Največ imamo majhnih telovadnic, njihova srednja starost pa je celo 34 let. Glede na ugotovitve naše študije o akustični ustreznosti posameznih skupin športnih dvoran lahko torej sklepamo, da so potrebe po akustični posodobitvi športnih dvoran zelo velike po celotni Sloveniji. Prikazani študiji primerov možnih posodobitev kažeta, da je mogoče z vgradnjo različnih akustičnih vpojnikov zagotoviti ustrezne akustične pogoje, vendar pa je vprašanje primernosti takšnih elementov glede na izvedbo vsebin, ki potekajo v športnih dvoranh (naleti

žog in drugih pripomočkov ter vadečih). Takšne obloge morajo biti ustrezno prostorsko in estetsko umeščene, da ne omejujejo izvajanja vsebin v dvorani, in morajo biti trpežne.

Druga smer za izboljšanje akustičnih pogojev v športni dvorani je ustrežnejša organizacija pouka in uporaba informacijsko-komunikacijske opreme pri pouku. Nekateri avtorji za izboljšanje slišnosti učitelja zagovarjajo tehnične pripomočke, kot so ojačevalci glasu učitelja ali pa slušalke vadečih (Ryan, 2009). Menimo, da lahko uporaba ojačevalcev zvoka v športnih dvoranh ali zvočnikov povzroči še večje težave, saj se tako še poveča raven hrupa. Slušalke vadečih pa so manj primerne pri vrsti gibanj, ki so del programa športne vzgoje, lahko so celo nevarne pri naletu žoge v glavo. Rešitev vidimo v organizaciji dela, pri kateri učitelj skrbno načrtuje izvedbo ure. Pri tem upošteva število in posebnosti učencev, pripomočke, ki jih bo uporabil (npr. žoge), površino, ki jo ima na voljo, pa tudi istočasne dejavnosti drugih skupin v športni dvorani.

Skladno s tem učitelj opravi največji del razlage že na samem začetku ure, ko je hrupa v športni dvorani najmanj. Pri tem naj učence posede v polkrogu, tako da so vsi enakomerno oddaljeni od učitelja, zvok pa prehaja od zgoraj navzgor. Če mora učitelj kaj razložiti med uro, naj najprej ustvari komunikacijski tok: poskrbi, da z določenim dogovorjenim znakom (plosk, žvižg, besedni znak, npr. stoj ali pozor) ustavi gibanje učencev, jih zbere okoli sebe in kratko ter razumljivo razloži snov ali poda dodatne informacije. Pri tem mora učitelj neprestano spremljati odziv učencev, da preveri, če ga vsi učenci res razumejo. Pri popravljanju napak učenca naj bo pozoren, da govori takrat, ko učenec lahko sprejme povratno informacijo; običajno mora učitelj prekiniti učenčevo gibanje, učenčev pogled pa naj bo usmerjen na učitelja, saj smer govorjenja poveča razumljivost govora. Pomembna je tudi tehnika govora: govor učitelja naj bo čim bolj razločen (ne sme momljati, požirati glasov, uporabljati preveliko število mašil, uporabljati več vrinjenih stavkov ...), naj ne bo monoton, pazi naj tudi na tempo govora (ne prehitro in ne prepočasi). Pozornost naj pritegne tudi z neverbalno govorico telesa. Kot pomoč pri razlagi lahko uporabi tudi vsebinske oziroma organizacijske kartone, na katerih je opisana tehnična izvedba gibanja ali so podane dodatne informacije. Tako je hitrost prenosa informacij bistveno večja, učitelj pa se izogne pretirani razlagi.

Zmanjšanje glasovne obremenitve pa lahko učitelj doseže tudi z ustrezno uporabo informacijsko-komunikacijskih tehnologij. Sodobna športna dvorana bi morala

s svojo opremljenostjo učitelju omogočati enostavno organizacijo pri posredovanju vidnih informacij (Jurak Kovač in Strel, 2011). S smelim načrtovanjem je mogoče v steno športne dvorane vgraditi LCD zaslon, ki je povezan z računalnikom, s spletom in premično kamero, ki jo namestimo pod strop. Z dokaj preprosto rešitvijo tako učitelj pridobi sistem za posredovanje vsebin, povratnih vidnih informacij vadečim in še mnogo drugega (npr. prikaz pravilnega ogrevanja za popoldanske uporabnike, prikaz priprave in pospravljanja opreme v dvorani). Določene vsebine lahko učitelj predstavi tudi v spletni učilnici v obliki e-gradiv (Sitar, 2010), ena najnaprednejših oblik pa je izobraževanje na daljavo (Repolusk, 2009), kar lahko uspešno izpelje npr. v srednji šoli tudi pri pouku športne vzgoje.

Ker je učiteljev govor vir zvoka in je kot takšen pomemben element slinosti, pa mora učitelj izsolati in skrbeti tudi za svoj glas (Bruck Marçal in Peres, 2011; Simberg, Sala, Sellman, Tuomainen in Rönnemaa, 2006). Prav tako pa morajo fakultete posredovati študentom – bodočim učiteljem ustrezna znanj o govorni higieni.

Sklep

Izboljšanje akustičnih pogojev v športnih dvoranah zahteva akustične spremembe prostora in ustrežnejše načine poučevanja.

Boljša akustična pogoja v športnih dvoranah lahko zagotovimo s postavitvijo standarda akustične odzivnosti športne dvorane in posodobitvijo ter novogradnjo športnih dvoran skladno s tem standardom. Glede na izsledke naše študije in primerjavo standardov v nekaterih drugih državah predlagamo, da se s standardom predpiše, da mora biti indeks govorne razumljivosti v športnih dvoranah na ravni 0,60 in več. Standard bi bilo mogoče opredeliti tudi glede na optimalni odmevni čas odvisnosti od prostornine športne dvorane, vendar pa indeks govorne razumljivosti vključuje tudi druge akustične kriterije, zato bolj celovito opisuje akustične pogoje v športni dvorani.

Trenutne funkcionalno akustične rešitve za športne dvorane, ki zagotavljajo doseganje navedenega standarda, so cenovno precej zahtevne, zato bo potrebno preučiti oz. razviti rešitev, ki bo kakovostna in trajna, a cenovno ugodnejša.

Ustrežnejše načine poučevanja lahko zagotovimo z zagotavljanjem kompetentnosti učiteljev (izobraževanje in stalno strokovno spopolnjevanje) in vgradnjo ustrezne informacijsko komunikacijske tehnologije v špor-

tne dvorane, ki bo učiteljem omogočala lažjo pripravo in posredovanje vidnih informacij. Na Fakulteti za šport že nekaj let uspešno uporabljamo sistem tehnologije, ki učitelju to omogoča in ga je mogoče še nadgraditi (Jurak idr., 2011).

Literatura

1. Augstynska, D., Kaczmarek, A., Mikulski, W. in Radosz, J. (2010). Assessment of Teachers Exposure to Noise in Selected Primary Schools. *Archives of Acoustics*, 35 (4), 521–542.
2. Berg, F. S., Blair, J. C. in Benson, P. V. (1996). *Classroom Acoustics: The Problem, Impact, and Solution. Language, Speech, And Hearing Services In Schools*, 27(1), 16–20.
3. Bess, F.H., Dodd-Murphy, J. in Parker, R.A. (1998). *Children with minimal sensorineural hearing loss. far and Hearing*, 19, 339–354.
4. Bruck Marçal, C.C. in Peres, M.A. (2011). Self-reported voice problems among teachers: prevalence and associated factors. *Revista de Saúde Pública*, 45(3), 503–511.
5. Building Bulletin 93. Acoustic design of schools (2003). London: Department for Education. Dosegljivo 20.9.2012 na https://www.education.gov.uk/publications/eOrderingDownload/BB93-Acoustic_Design.pdf.
6. Crandell, C. in Smaldino, J. (1994). The importance of room acoustics. V R. Tyler in D. Schum (Eds.), *Assistive listening devices for the hearing impaired* (pp. 142–164). Baltimore, MD: Williams & Wilkins.
7. Crandell, C. in J.J. Smaldino. (1994). An update of classroom acoustics for children with hearing impairment. *The Volta Review* 96: 291–306.
8. Crandell, C., Smaldino, J. in Flexer, C. (1995). *Sound field FM amplification: Theory and practical applications*. San Diego, CA: Singular Press.
9. Crandell, C., Smaldino, J.J. in Flexer, C. (2005). *Sound-field applications: Applications to speech perception and classroom acoustics*, 2nd ed. New York: Thomson.
10. Cunningham, J., Nicol, T., Zecker, S.G., Bradlow, A. in Kraus, N. (2001). Neurobiologic responses to speech in noise in children with learning problems: Deficits and strategies for improvement. *Clinical Neurophysiology* 112, 758–767.
11. Čarič, I., Čudina, M. (2003). *Vpliv hrupa pri pouku v osnovni šoli*. EGES, 7(3), 86–89.
12. DIN 18041: Hörsamkeit in kleinen bis mittelgrossen Räumen (2004). Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.
13. Direktiva 2003/10ES (2003). Uradni list L 42/03, L 165/07, L 311/08. Dosegljivo 1.9.2012 na <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2003L0010:20081211:SL:PDF>
14. Elliott, L.L. (1979). Performance of children aged 9 to 17 years on a test of speech intelligibility in noise using sentence material with controlled word predictability. *Journal of the Acoustical Society of America*, 66, 651453.
15. Eriks-Brophy, A., and H. Ayukawa. (2000). The benefits of sound field amplification in classrooms of Inuit students of Nunavik: A pilot project. *Language, Speech and Hearing Services in Schools* 31, no. 4: 324–35.
16. Evertson, C., & Harris, A. (1992). What we know about managing classrooms. *Educational Leadership*, 7, 74–78.
17. Johnson, C.E. (2000). Children's phoneme identification in reverberation and noise. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 43, 144–157.
18. Jonsdottir VI, Boyle BE in Martin PJ idr. (2005). Prevalence and incidence studies of voice disorders among teaching staff of LA Rioja, Spain. Clinical study: questionnaire function vocal examination, acoustic

- analysis and videolaryngostroboscopy. *Acta Otorrinolaringol Esp*, 56, 202–10.
19. Jurak, G., Kovač, M. in Strel, J. (2011). Proti novim standardom uporabe informacijsko komunikacijske tehnologije v šolski športni dvorani. *Šport*, 59(3-4), 15–24.
20. Jurak, G., Strel, J., Kovač, M., Starc, G., Leskošek, B., Bučar Pajek, M., Filipčič, T. idr. (2012). Analiza šolskega športnega prostora s smernicami za nadaljnje investicije. Zaključno poročilo. Ljubljana: Fakulteta za šport. Dosegljivo na: http://www.fsp.uni-lj.si/COBISS/Monografije/Analiza_skupaj3.pdf
21. Knecht, H. A., Nelson, P. B., Whitelaw, G. M. in Feth, L. L. (2002). Background Noise Levels and Reverberation Times in Unoccupied Classrooms: Predictions and Measurements. *American Journal Of Audiology*, 11(2), 65–71.
22. Kovač, M., Leskošek, B., Hadžić, V. in Jurak, G. (2011). S poklicem povezane zdravstvene težave slovenskih učiteljev športne vzgoje – razlike glede na spol in starost. *Šport*, 59 (3/4), 9–14.
23. Kovač, M., Strel, J. in Jurak, G. (2008). Competences of general teachers for teaching physical education-contrasts between implicit and explicit. V: Prskalo, I., Strel, J., Findak, V. in Šimović, V. (ur.), Conference proceedings of the First Special Focus Symposium on Kinesiology Education in Pre-School and Primary Education. Zagreb: ECNSI-The European Center for Advanced and Systematic Research, 2008, 23–35.
24. Leavitt, R., and C. Flexer. (1991). Speech degradation as measured by the Rapid Speech Transmission Index (RASTI). *Ear and Hearing* 12: 115–18.
25. Lehman, A. in Gratiot, A. (1983). *Effects du bruit sur les enfants à l'école. In Proceedings of the 4th Congress on Noise as a Public Health Problem* (pp. 859–862). Milano: Centro Ricerche e Studi Amplifon.
26. Lemoyne, J., Laurencelle, L., Lirette, M. in Trudeau, F. (2007). Occupational health problems and injuries among Quebec's physical educators. *Applied Ergonomics*, 38(5), 625–634.
27. Litovsky, R.Y. (1997). Developmental changes in the precedence effect: Estimates of minimal audible angle. *Journal of the Acoustical Society of America* 102, 1739–1745.
28. Ma, E.P. in Yiu, E.M. (2001). Voice activity and participation profile: Assessing the impact of voice disorders on daily activities. *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 44, 511–524.
29. Maffei, L., Iannace, G. in Masullo, M. (2011). Noise exposure of physical education and music teachers. *Noise & vibration worldwide*, 42 (11), 9–16.
30. Massie, R., Theodoros, D., McPherson, B. in Smaldino, J. (2004). Sound-field amplification: Enhancing the classroom listening environment for aboriginal and torres strait islander children. *The Australian Journal of Indigenous Education*, 33, 47–53.
31. McSporran, E., Butterworth, Y. in Rowson, V.J. (1997). Sound field amplification and listening behavior in the classroom centre for audiology, education of the deaf and speech pathology. *British Educational Research Journal*, 23(1), 81–96.
32. Melamed S, Fried Y, Froom P. (2004). The joint effect of noise exposure and job complexity on distress and injury risk among men and women: the cardiovascular occupational risk factors determination in Israel study. *J Occup Environ Med*. 2004; 46(10):1023-32. DOI:10.1097/01.jom.0000141661.66655.a5
33. Mirbod, S.M., Lanphere, C., Fujita, S., Komura, Y., Inaba, R. in Iwata, H. (1994). Noise in aerobic facilities. *Industrial Health*, 32(1), 49–55.
34. Nelson, P. B. (2000). Improving Acoustics in American Schools. *Language, Speech, And Hearing Services In Schools*, 31(4), 352–393.
35. Nilsson, M., Soli, S.D., in Sullivan, J.A. (1994). Development of the Hearing in Noise Test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise. *Journal of the Acoustical Society of America* 95: 1085–99.
36. Niskar, A.S., Kieszak, S.M., Holmes, A.E., Esteban, E., Rubin, C. in Brody, D.J. (2001). Estimated prevalence of noiseinduced hearing threshold shifts among children 6 to 19 years of age: The third national health and nutrition examination survey, 1988-1994. *Pediatrics* 108(1), 40–43.
37. Niskar, AS., Kieszak, S.M., Holmes, A., Esteban, E., Ruben, C., Brody, D.J. (1998). Prevalence of hearing loss among children 6 to 19 years of age. *Journal of the American Medical Association* 279(14), 1071–1075.
38. ÖNORM B 2608. *Sporthallen. Richtlinien für Planung und Ausführung* (2012). Vienna: Austrian Standards Institute.
39. Palma, A., Mattos, U.A., Almeida, M.N. in Oliveira, G.E. (2009). Level of noise at the workplace environment among physical education teachers in indoor bike classes. *Rev Saude Publica*, 43(2), 345–51.
40. Pravilnik o normativih in standardih za izvajanje programa osnovne šole. *Uradni list RS*, št. 57/2007; 65/2008; 99/2010.
41. Pravilnik o zvočni zaščiti stavb (1999). *Uradni list RS*, št. 14/1999.
42. Repolusk, S. (2009). *E-učna gradiva pri pouku matematike*. Magistrsko delo, Maribor: Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko.
43. Russell, A., Oates, J. in Greenwood, K.M. (1998). Prevalence of voice problems in teachers. *Journal of Voice*, 12(4), 467–479.
44. Ryan, S. (2009). The Effects of a Sound-Field Amplification System on Managerial Time in Middle School Physical Education Settings. *Language, Speech, and Hearing Services in Schools*, 40, 131–137.
45. Ryan, S. in Lucks Mendel, L. (2010). Acoustics in physical education settings: the learning roadblock. *Physical Education and Sport Pedagogy*, 15(1), 71–83.
46. Siedentop, D. (2002). Ecological perspectives in teaching research. *Journal of Teaching Physical Education*, 21, 427–440.
47. Silverman, S., Tyson, L., Krampitz, J. (1992). Teacher feedback and achievement in physical education: Interaction with student practice. *Teaching and Teacher Education*, 8, 333–344.
48. Simberg, S. (2004). Prevalence of vocal symptoms and voice disorders among teacher students and teachers and a model of early intervention. Doktorska disertacija, Helsinki: Hakapaino Oy.
49. Simberg, S., Sala, E., Tuomainen, J., Sellman, J. in Rönnemaa, A.-M. (2006). Effectiveness of Group Therapy for Students: A Controlled Clinical Trial. *Journal of Voice*, 20(1), 97–109.
50. Simberg, S., Sala, E., Vehmas, K. in Laine, A. (2005). Changes in the prevalence of vocal symptoms among teachers during a twelve-year period. *Journal of Voice*, 19(1), 95–102.
51. Simberg, S., Sala, E., Vehmas, K. in Laine, A. (2005). Changes in the prevalence of vocal symptoms among teachers during a twelve-year period. *Journal of Voice*, 19(1), 95–102.
52. SIST EN ISO 3382-2 *Akustika - Merjenje parametrov prostorske akustike - 2. del: Odmevni čas v običajnih prostorih* (2008). Ljubljana: Slovenski inštitut za standardizacijo.
53. Sitar, B. (2010). *Uporaba e-gradiv pri športni vzgoji*. Diplomsko delo, Ljubljana: Fakulteta za šport.
54. Smith, E., Kirchner, H.L., Taylor, M., Hoffman, H. in Lemke, J.H. (1998). Voice problems among teachers: differences by gender and teaching characteristics. *Journal of Voice*, 12(3), 328–334.
55. Smith, E., Lemke, J., Taylor, M., Kirchner, H.L. in Hoffman, H. (1998). Frequency of voice problems among teachers and other occupations. *Journal of Voice*, 12(4), 480–488.
56. Smith, E., Verdolini, K., Gray, S., Nichols, S., Lemke, J.H., Barkmeier, J., Hove, H., & Hoffman, H. (1996). Effects of voice disorders on quality of life. *Journal of Medical Speech-Language Pathology*, 4, 223–244.

57. Soklič, T. in Hočevnar-Boltežar, I. (2004). Glasovne motnje med pedagoškimi delavci v Sloveniji: prevalenca in nekateri dejavniki tveganja. *Zdravstveni vestnik*, 73, 493–497.
58. Soli, S.D. in J.A. Sullivan. (1997). Factors affecting children's speech communication in classrooms. *Journal of the Acoustic Society of America* 101: 3070.
59. Stelmachowicz, P.G., B.M. Hoover, D.E. Lewis, R.W. Kortekaas, and A.L. Pittman. (2000). The relation between stimulus context, speech audibility, and perception for normal-hearing and hearing-impaired children. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 43: 902–14.
60. Steward, W. (2009). *The Components of Good Acoustics in a High Performance School*. *Educational Facility Planner*, 43 (4), 28–30.
61. Studebaker, G.A., Sherbecoe, R.L., McDaniel, D.M. in Gwaltney, C.A. (1999). Monosyllabic word recognition at higher-than-normal speech and noise levels. *Journal of the Acoustical Society of America* 105, 2431–2444.
62. Štemberger, V. (2003). *Kakovost športne vzgoje v prvem vzgojno-izobraževalnem obdobju devetletne osnovne šole*. Doktorska disertacija, Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Pedagoška fakulteta.
63. Trout, J. in Mccoll, D. (2007). Vocal Health for Physical Educators. *Joperd*, 78 (8), 12–15.
64. Verdolini, K. in Ramig, L.O. (2001). Review: Occupational risks for voice problems. *Logopedics, Phoniatrics, Vocology* 26, 37–46.
65. Werner, L. in Boike, K. (2001). Infants' sensitivity to broadband noise. *Journal of the Acoustical Society of America* 109, 2103–2111.
66. Yiu, E.M. (2002). Impact and prevention of voice problems in the teaching profession: Embracing the consumers' view. *Journal of Voice*, 16, 215–228.

izr. prof. dr. Gregor Jurak, prof. šp. vzg.
Univerza v Ljubljani, Fakulteta za šport – Katedra za šolsko
športno vzgojo
e-naslov: gregor.jurak@fsp.uni-lj.si