علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره دوازدهم، شماره یک، بهار ۸۹

مطالعه شاخص های آلودگی صدا و خصوصیات آکوستیکی بنای مدارس شهر تهران

رستم گلمحمدی[1*]
فرشید قربانی[2]
حسین محجوب[2]
زهره دانش مهر[3]

تاریخ دریافت:۸۶/۱۰/۱۰ تاریخ پذیرش:۸۷/۴/۵

چکیده

صدا یکی از مصادیق آلودگی محیط زیست است که می‌تواند باعث آزار و ناراحتی شهروندان و محدود نمودن کارایی شاغلان گردد. مدارس به عنوان یکی از اماکن پر اهمیت، ضرورت دارد به لحاظ آلودگی صدا مورد بررسی قرار گیرد. زیرا شرایط آکوستیکی ضعیف می تواند اختلالاتی در محاوره و تمرکز دانش‌آموزان به وجود آورد و بر یادگیری آن ها تاثیر نامطلوب داشته باشد.

در مطالعه حاضر که در سال ۱۳۸۳ انجام یافته است، نمونه‌ای شامل ۹۰ مدرسه در سطح شهر تهران به صورت تصادفی در سه مقطع تحصیلی انتخاب گردید و در آن ها ۱۰۳ پارامتر صوتی، سازه‌ای و غیر سازه‌ای مؤثر بر آلودگی صدا مورد بررسی قرار گرفت. پس از انجام محاسبات فنی لازم بر روی داده‌ها، در نهایت ۱۵۸ داده برای هر مدرسه در محیط نرم افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

نتایج تحقیق نشان داد که که میانگین تراز معادل فشار صوت در کلاس درس مدارس مورد مطالعه در ساعت تدریس ۷۱/۹۸ ± ۶/۵۴dB(A) بوده است. میانگین سطح موثر جذب صوتی کلاس ها ۲/۰۸۶ ± ۴/۵۵ سابین متر مربع و میانگین زمان بازآوایی آن ها ۰/۷۹ ± ۳/۶۵ ثانیه بوده است. میانگین شاخص افت انتقال صدا برای دیوارهای سمت پنجره (بیرون) ۲/۳۷ dB ± ۲۶/۵۰ و برای سمت راهرو و کلاس های مجاور ۲/۲۶ dB ± ۲۹/۷۲ بوده است. نتایج همچنین نشان داد که ۷۰/۶٪ از کلاس ها در شرایط غیر مجاز صدای زمینه بوده اند و در ۶۱/۱٪ از کلاس ها نیز تراز فشار صوت از حد مجاز بالاتر بوده است. ۹۹٪ دیوارهای سمت پنجره و ۱۰۰٪ دیوارهای سمت راهرو و کلاس های دیگر فاقد توان عایق سازی صوتی مورد نیاز بوده‌اند.

۱-عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان (مسئول مکاتبات)
۲- عضو هیئت علمی دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان
۳- کارشناس ارشد سازمان نوسازی توسعه و تجهیز مدارس کشور

Archive of SID
www.SID.ir

تحلیل نتایج نشان داد که منابع داخل بنا علت اصلی بالا بودن آلودگی صدا بوده است. اصلاح آکوستیکی بنا برای مدارس موجود شامل: افزایش سطح مؤثر جذب کلاس ها از طریق استفاده از تایل های آکوستیکی در سقف و کنترل نشتی درب ها و پنجره ها و آموزش دانش آموزان از راه های پیشنهادی برای کاهش بار آلودگی صدا برای این مدارس می باشد. برای مدارسی که در آینده احداث خواهند شد نیز مکان یابی و طراحی مبتنی بر کنترل صدا ضروری به نظر می‌رسد.

واژه های کلیدی: : آلودگی صدا، آکوستیک، کلاس درس، مدارس تهران

مقدمه

آلودگی صدا یکی از موارد مهم آلودگی محیط زیست است که می‌تواند باعث آزار و ناراحتی شهروندان و محدود نمودن کارایی افراد گردد. مدارس به عنوان یکی از گروه اماکن پر اهمیت، ضرورت دارد به لحاظ آلودگی صدا مورد بررسی قرار گیرد زیرا شرایط آکوستیکی ضعیف کلاس ها می تواند اختلالاتی در محاوره و تمرکز دانش‌آموزان به وجود آورد و بر یادگیری آن ها تاثیر نامطلوب داشته باشد.

امروزه صدای بیش از حد مجاز در مدارس، ادارات، بیمارستان ها، ساختمان های عمومی و صنایع، ساکنان و شاغلان را آزار می‌دهد و ضرورت بررسی کمیت و کیفیت آن در اماکن عمومی اهمیت بیشتری دارد. یکی از کاربری های مهم، مراکز آموزش هستند که اغلب دارای استاندارد سخت گیرانه تری برای کنترل آلودگی صدا هستند. انجام کار فکری در مدارس و لزوم ایجاد یک محیط امن صوتی از جمله اهداف مطالعات صدای مدارس می‌باشد.

منابع آلودگی صدا در مدارس شامل دو گروه اصلی است: منابع خارج از مدارس (مانند صدای خودروها، ترن، هواپیما، مراکز تجاری و صنعتی) و منابع داخل مدارس (مانند صدای معلمان، دانش آموزان، صدای ناشی از تفریح و ورزش، سیستم های تهویه). خصوصیات آکوستیکی سازه دیوارها، پنجره‌ها، درب ها، طبقات مدارس و نوع پوشش سطح داخلی آن ها می‌تواند بر میزان آلودگی صدای داخل این اماکن مؤثر باشد.

مطالعه‌ای که توسط Mikulski و همکاران صورت گرفته است، نشان داد که تراز صدای راهروها را در زنگ تفریح ۸۶dB(A) و در برخی قسمت های راهرو نیز تا dB(A) ۹۸ رسیده است اما در ساعات تدریس صدای راهروها تا dB(A) ۶۴ کاهش یافته است(۱).

Koszarny در مطالعه خود که در مورد مدارس مقطع دبیرستان و ابتدایی عربستان سعودی در جده انجام یافته است، نشان داده که وضعیت آکوستیکی کلاس های دبیرستان نسبت به ابتدایی بهتر بوده است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که تراز فشار صوت در زنگ تفریح dB(A) ۷۷ برای دبیرستان و dB(A) ۸۵ برای ابتدایی بوده است (۷ دسی بل اختلاف) هنگام تدریس اختلاف تراز فشار صوت در راهروها دراین دو مقطع کمتر و در حد dB(A) ۵ بوده است. نتایج این تحقیق بر اختلاف تراز فشار صوت در روزهای هفته و نوع درس و شیوه تدریش دلالت دارد. بر این مبنا در کلاس هایی که به شیوه کار گروهی اجرا شده اند تراز صدا ۵ تا ۷ دسی بل بیش از حالت تدریس عادی بوده است. همچنین نتایج نشان داد که در کلاس های با جمعیت بیش از ۳۰ نفر دانش آموز تراز صدایی حدود ۳ دسی بل بیش از کلاس هایی دارند که کمتر از ۲۵ دانش آموز داشته اند(۲و۳).

Pekkarinen در تحقیقی که در مدارس فنلاند انجام داده، زمان باز آوایی در کلاس های درس را مورد مطالعه قرار داده است. در این مطالعه کلاس ها در دو حالت خالی و پر مورد بررسی قرار گرفته اند. طبق نتایج، در یک سوم کلاس ها زمان باز آوایی بیش از ۰/۹ ثانیه بوده است. در کلاس خالی صدای زمینه dB(A) ۳۵ یا کمتر بوده و تراز معادل فشار صوت بین dB(A) ۷۹-۵۸ بوده است (۴).

Bistafa در کانادا در مقاله ای که در سال ۲۰۰۰ منتشر نموده نشان داده که در گروه کلاس های آرام زمان باز

Archive of SID

www.SID.ir

آوایی بین ۰/۳-۰/۱ ثانیه بوده است و در کلاس هایی که زمان بازآوایی بین ۰/۵-۰/۴ ثاینه بوده صدا ها کاملاً مفهوم بوده است. لذا وی این محدوده را برای کلاس ها مناسب می داند. در این مطالعه صدای زمینه ایدآل کمتر از ۲۰ dB(A) و قابل قبول کمتر از ۲۵ dB(A) پیشنهاد شده است(۵). Hodson در مقاله ای که در سال ۲۰۰۲ منتشر نموده، زمان بازآوایی را در کلاس های مدارس بریتانیا مورد بررسی قرار داده است. در این مقاله بر تاثیر صدای زمینه تاکید شده و عوامل مؤثر بر زمان بازآوایی مورد بحث قرار گرفته است(۶). Kencht در مقاله ای که در ۲۰۰۲ منتشر گردیده نقش صدای زمینه و زمان باز آوایی را مورد بحث قرار داده است. در این مطالعه ۳۲ مدرسه در امریکا مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج آن نشان می دهد که اکثر کلاس ها شرایط لازم را از نظر زمان باز آوایی نداشته اند(۷).

Noweir در مطالعه خود که در مورد ۲۰ مدرسه در عربستان سعودی انجام شده، تراز معادل را بین ۸۹/۲ dB(A)-۶۰ اندازه گیری نموده است. تراز فشار صوت در مدارس کنار خیابان و مناطق شلوغ شهری نیز بالاتر گزارش گردیده است. در این مقاله بر نوع پنجره و تاثیر صدای سیستم تهویه بر آلودگی صدا، اصلاح آکوستیکی بنای مدارس، اصلاح در طراحی و همچنین اصلاح در منابع خارج بنا مانند ترافیک تاکید شده است(۸).

در ایران نیز دو تحقیق منتشر شده حاکی از این است که مقادیر تراز فشار صوت در داخل کلاس ها از حدود توصیه شده کشوری بالاتر بوده است. تحقیق اول توسط نصیری و همکاران در سال ۱۳۸۳ در مدارس کرج انجام شده است(۹) نتایج این تحقیق نشان داد که تراز معادل فشار صوت سی دقیقه ای ($L_{eq30min}$) داخل کلاس ها به دلیل تراکم دانش آموزان، فرسودگی ساختمان مدارس، استقرار مدارس در محل های شلوغ و پرترافیک نظیر حاشیه بزرگراه ها و خیابان های اصلی، همجواری با مدارس دیگر در مجتمع های آموزشی، فعالیت های ساختمانی همسایه و نیز فقدان مکان اختصاصی مناسب برای ساعات زنگ ورزش با میانگین ۵۱/۸ dB(A) بالاتر از حدود استاندارد پیشنهادی مرکز تحقیقات مسکن با حداکثر تراز ۳۵ dB(A) بوده است (۱۰). تحقیق دوم نیز توسط نصیری و همکاران در مدارس شهر ایلام در سال ۱۳۸۴ انجام شده است(۱۱). نتایج این تحقیق نیز نشان داده است که که تراز فشار صوت در کلاس های مورد بررسی در محدوده ۵۳-۷۳ dB(A) بوده که در مقایسه حد توصیه شده مقررات ملی برای مدارس بیشتر بوده است. همچنین زمان بازآوایی در کلاس های مورد بررسی بین ۲/۹ تا ۴/۲ ثانیه بوده که در مقایسه با مقدار تعیین شده مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن که R = ۱ sec تعیین شده، بالاتر بوده است(۱۰).

ملاحظه می گردد که اکثر مطالعات بر میزان صدای زمینه و زمان باز آوایی که شاخص مهمی برای تعیین خصوصیات آکوستیکی کلاس های درس هستند تاکید نموده اند.

هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی شاخص های آلودگی صدا و ارتباط آن با خصوصیات آکوستیکی بنا در مدارس شهر تهران به منظور تعیین راهکارهای اجرایی برای کاهش آلودگی صدا و اصلاحات آکوستیکی بنای مدارس بوده است.

روش پژوهش

مقاله حاضر حاصل بخشی از یک طرح پژوهشی است که به سفارش سازمان نوسازی و توسعه مدارس کشور در سال ۱۳۸۳ انجام یافته و در آن مدارس شهر تهران از نظر شاخص های آلودگی صدا و خصوصیات آکوستیکی بنا مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در این مطالعه، جامعه مورد بررسی مدارس دولتی تهران کوچک بوده است. بر مبنای راهبرد مناسبِ تحقیق و با کمک از نتایج مطالعات دیگر محققان در سطح جهان، نمونه‌ای شامل ۹۰ مدرسه در سطح شهر تهران به صورت تصادفی در سه مقطع تحصیلی انتخاب گردید.

با توجه به مطالعات انجام شده مشابه، بر اساس میانگین تراز فشار صوت ۸۰dB(A) و انحراف معیار dB(A) ۸ با لحاظ نمودن حداکثر خطای نمونه‌گیری معادل ۵٪ صفت

Archive of SID

www.SID.ir

مـورد بررسـی و فاصـله اطمینـان ۹۵٪ ، بـر مبنـای دو منطقـه ترافیکی (کم ترافیک و پرترافیک) برای هر مقطـع تحصـیلی (۳ مقطع تحصیلی) به تفکیک، ۱۵ نمونه تعیین گردید. بنـابر ایـن تعداد کل نمونه‌های مورد نیاز، ۹۰ واحد آموزشی تعیین گردید. از هر یک از سه بخش کلی شهر تهران مرکزی(شـمال، مرکـز و جنوب شهر) ۳۰ مدرسه به گونـه‌ای انتخـاب گردیـد کـه در آن سهم مناطق کم ترافیک ۴۵ واحد آموزشی و پرترافیک نیـز ۴۵ واحد آموزشی باشد. در نمونه های انتخاب شـده تـوازن نسـبت جنسی و تعداد مدرسه در هر مقطع رعایت گردیده است.

در هر مدرسه مورد بررسی، ۴۳ داده مربوط به تراز فشار صوت (در حیاط، بیرون مدرسه، داخل راهرو، داخل اتاق اداری و کلاس درس) و ۵۷ داده مربوط به مشخصات مهم ابعادی و سازه‌ای و خصوصیات مرتبط با آکوستیک مدارس، جمع آوری و ثبت شده است. برای دستیابی به تصویر روشنی از وضعیت صوتی داخل و خارج مدارس محاسبات فنی لازم روی داده های تحقیق انجام گردید تا شاخص های مهم نیز استخراج شود. لازم به ذکر است که محاسبات مربوط به افت انتقال دیوارها بر اساس روش های متداول محاسبات بر مبنای جرم در فرکانس های مکالمه انجام یافته است(۱۴-۱۲). در در مرحله بعدی، تعداد ۱۵۸ داده خام و محاسبه شده در هر مدرسه در محیط نرم افزار آماری SPSS مورد تجزیه وتحلیل قرار گرفت و ضمن بیان پارامتریک شاخص های آلودگی صدا در اطراف، حیاط و داخل مدارس، خصوصاً کلاس های درس، مهم ترین عوامل سازه‌ای مؤثر بر آلودگی صدا شناسایی و میـــزان تاثیر آن ها در داخل بنا معلوم گردید. نمودارهای مربوط به نتایج با نرم افزار Excel ترسیم شده است.

در نهایت، محاسبات مربوط به طرح مداخله برای کنترل صدا با استفاده از تایل آکوستیک در سقف کلاس ها و برآورد میزان کاهش صدا توسط این مداخله آورده شده و شیوه کنترل (۱۴-۱۲) مهم ترین عوامل مؤثر بر آلودگی، انتقال و تشدید صدا در داخل مدارس در قالب آئین نامه راهنمای کنترل صدای مدارس برای بهبود وضعیت مدارس فعلی و مدارسی که در آینده ساخته خواهند شد، با تعیین الگوی مصالح و صرفه‌جویی در مصرف انرژی ارایه گردیده است.

نتایج

نتایج نشان داد که میانگین و انحراف معیار تعداد دانش آموز در هر کلاس ۵/۱ ± ۳۰/۶۱ dB(A) نفر بوده است. میانگین و انحراف معیار تراز معادل فشار صوت(L_{Aeq}) در مدارس مورد مطالعه در ساعت تدریس در کلاس درس ۶/۵۴ ± ۷۱/۹۸ dB(A)، در حیاط ۷/۴۹ ± ۶۴/۰۵ dB(A)، در بیرون مدارس سمت معبر ۷/۸۲ ± ۶۴/۵۲ dB(A) و در راهرو ۴/۶۰ ± ۶۵/۸۳ dB(A) بوده است. میانگین حداکثر تراز فشار صوت(L_{Amax}) نیز مربوط به زنگ تفریح بوده که در حیاط ۶/۵۷ ± ۸۶ dB(A)، در بیرون مدارس سمت معبر ۸/۷۷ ± ۷۷/۲۵ dB(A) و در راهرو ۶/۵۹ ± ۸۶/۳۷ dB(A) بوده است. میانگین عامل قله (CF) صدا در کلاس درس حین تدریس ۴/۲۱ ±۱۴ dB(A) بوده است. محاسبات نشان داد که میانگین تراز فشار صوت زمینه در کلاس ها در حین تدریس ۶/۲۶ ± ۳۹/۴۱ dB(A) بوده است. جدول شماره ۱ شاخص های مرکزی مهم و برآورد مقدار برای کل مدارس تهران با فاصله اطمینان ۹۵٪ را نشان می‌دهد.

نمودار ۱ توزیع فراوانی مدارس مورد بررسی را بر اساس گروه عمر بنا نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن است که مدارس با طول عمر ۳۰-۲۱ سال بیشترین تعداد (۲۵/۶٪) و مدارس بالای ۴۰ سال عمر (۲۰٪) مدارس را شامل گردیده است. نمودار ۲ توزیع فراوانی مدارس مورد بررسی را بر اساس گروه جنس سازه اصلی بنا نشان می‌دهد. نتایج نشان می دهد که سازه آجری با فراوانی۶۰٪ بیشترین، فلزی با فراوانی ۲۷/۸٪ و بتنی با فراوانی ۱۲/۲٪ در رده های بعدی هستند. نمودار ۳ توزیع فراوانی مدارس مورد بررسی را بر اساس گروه جنس سازه سقف طبقات مدارس نشان می‌دهد. نتایج نشان می دهد که سازه آجری طاق ضربی با فراوانی ۹۰٪ بیشترین، تیرچه بلوک با فراوانی ۸/۹٪ و بتنی با فراوانی ۱/۱٪ در رده‌های بعدی هستند. لازم به ذکر است که در هیچ یک از مدارس سازه سقف طبقات

Archive of SID

www.SID.ir

قابلیت لازم را برای کنترل صدای پیکری و صدای گام نداشته است.

نمودار ۴ توزیع فراوانی مدارس مورد بررسی را بر اساس گروه جنس پوشش کف کلاس ها نشان می‌دهد. نتایج نشان می دهد که پوشش موزائیک با فراوانی ۸۸/۹٪ بیشترین، سنگ با فراوانی۱۰٪ و پارکت چوبی با فراوانی ۱/۱٪ در رده‌های بعدی هستند. لازم به ذکر است که فقط در یکی از مدارس پوشش کف قابلیت لازم را برای کنترل انعکاس صوتی داشته است. نمودار ۵ توزیع فراوانی مدارس مورد بررسی را بر اساس گروه جنس اندود داخلی دیوار کلاس های مدارس مورد بررسی نشان می‌دهد. نتایج نشان می دهد که پوشش گچ و سنگ (تا ارتفاع حدود یک متر سنگ و بالاتر از آن گچ) صورت با فراوانی ۵۳/۳٪ بیشترین، گچ با فراوانی ۴۳/۳٪ و آجر و ترکیب آجر و سنگ هر کدام با فراوانی ۱/۱٪ در رده های بعدی هستند.

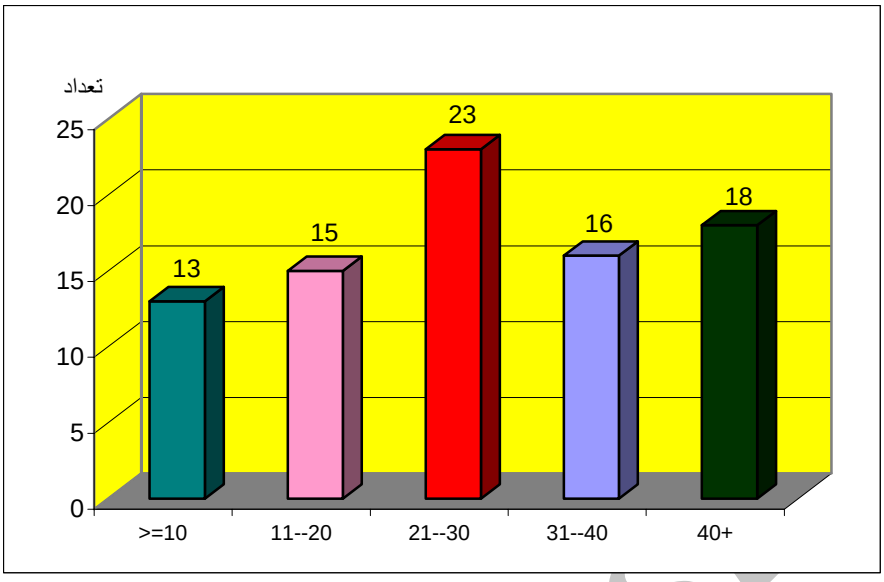
جدول ۱- آنالیز داده های نتایج طرح، و برآورد محدوده مقادیر تراز فشار صوت برای کل مدارس شهر تهران با اطمینان ۹۵٪

با روش One-Sample Test

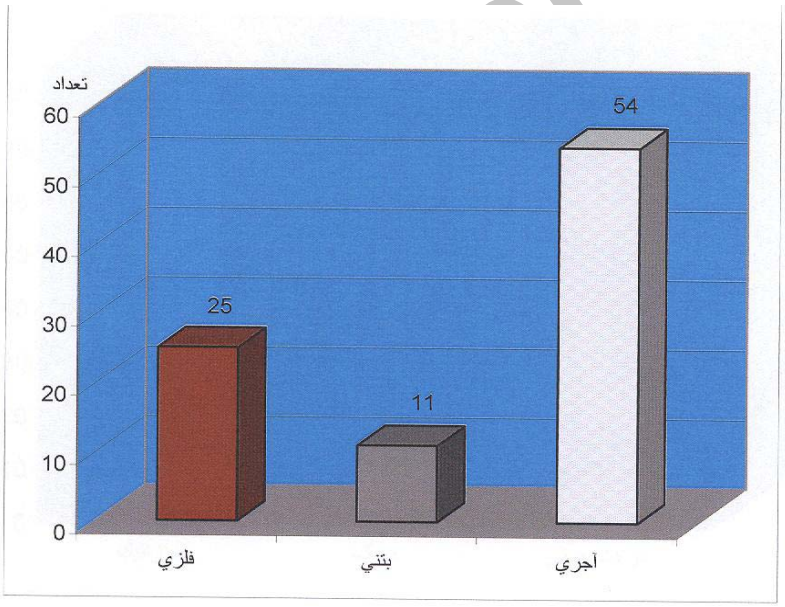
برآورد برای جامعه با ۹۵٪ اطمینان		میانگین مقادیر در نمونه ها	موارد مهم
حداکثر	حداقل		
۶۵/۶۲	۶۲/۴۸	۶۴/۰۵	میانگین تراز های معادل صدا در حیاط در ساعت تدریس dB(A)
۷۳/۳۵	۷۰/۶۱	۷۱/۹۸	میانگین تراز های معادل صدا در کلاس در ساعت تدریس dB(A)
۸۰/۶۶	۶۴/۸۶	۶۵/۸۲	میانگین ترازهای معادل در راهرو در ساعت تدریس dB(A)
۶۷/۲۰	۶۱/۸۳	۶۴/۵۱	میانگین ترازهای معادل در جلو مدرسه در ساعت تدریس dB(A)
۴/۹۹	۴/۱۲	۴/۵۶	سطح جذب صوتی کلاس (سابین متر مربع)
۲۶/۷۶	۲۴/۹۶	۲۵/۸۶	ارزش آکوستیکی کلی جذب صوتی داخل کلاس(سابین کلی)
۲۷/۰۰	۲۶/۰۰	۲۶/۵۰	افت انتقال دیوار سمت پنجره dB
۳۰/۱۹	۲۹/۲۴	۲۹/۷۲	افت انتقال دیوار سمت راهرو dB
۳۹/۴۱	۳۵/۸۳	۳۷/۶۲	تراز معادل فشار صوت کلاس در ساعات تدریس هنگام ساکت بودن کلاس dB(A)
۵۳/۶۹	۴۹/۱۸	۵۱/۴۴	ارزش آکوستیکی با اضافه کردن تایل آکوستیک به سقف کلاس (سابین متر مربع)
۰/۶۷	۰/۵۹	۰/۶۳	زمان باز آوایی کلاس با دانش آموزان (ثانیه)
۰/۳۲	۰/۳	۰/۳۱	زمان بازآوایی کلاس با اضافه کردن تایل در سقف با دانش آموزان(ثانیه)
۱۱/۱۷	۱۰/۷۵	۱۰/۹۶	کاهش صدا برای کلاس پر زمانی که سقف با تایل ۰/۷ پوشانده شود(dB(A
۳/۰۷	۲/۸۱	۲/۹۴	تفاضل کاهش صدا بعد از مداخله یا اثر استفاده از تایل dB(A)
۷۰/۳۹	۶۷/۶۹	۶۹/۰۴	تراز نهایی بعد از مداخله در حالت تدریس dB(A)

Archive of SID

www.SID.ir

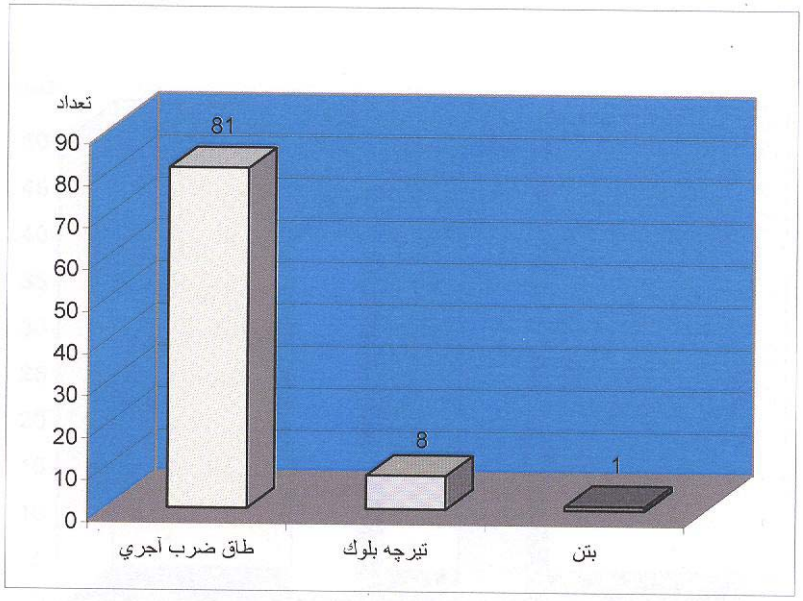


نمودار ۱- توزیع بناهای مدارس مورد مطالعه بر اساس گروه بندی عمر بنا (سال)

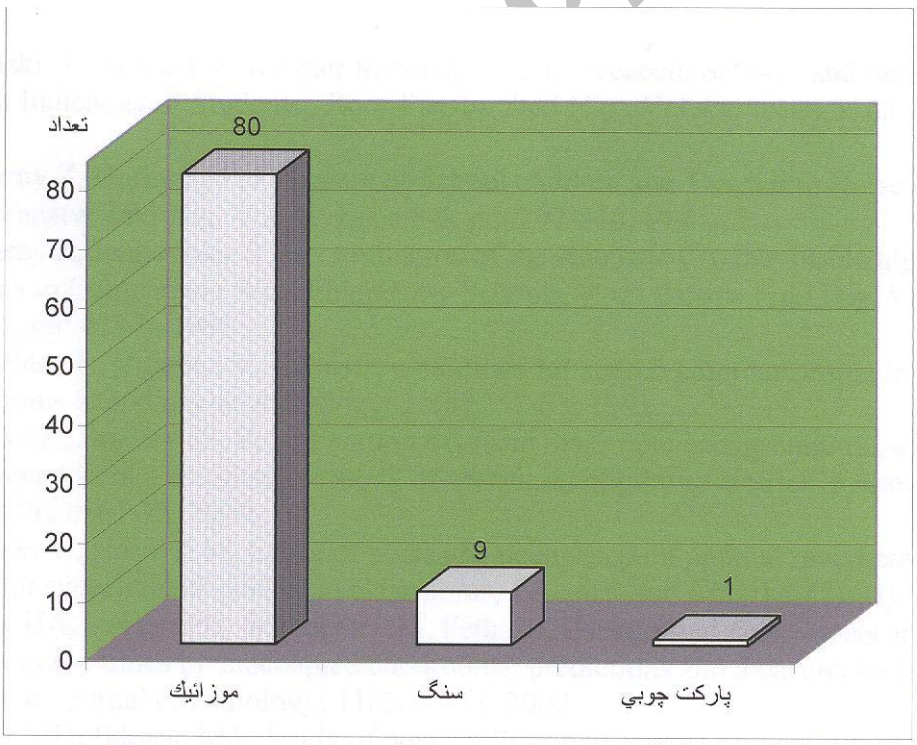


نمودار ۲- توزیع بناهای مدارس مورد مطالعه بر اساس جنس سازه اصلی بنا

www.SID.ir

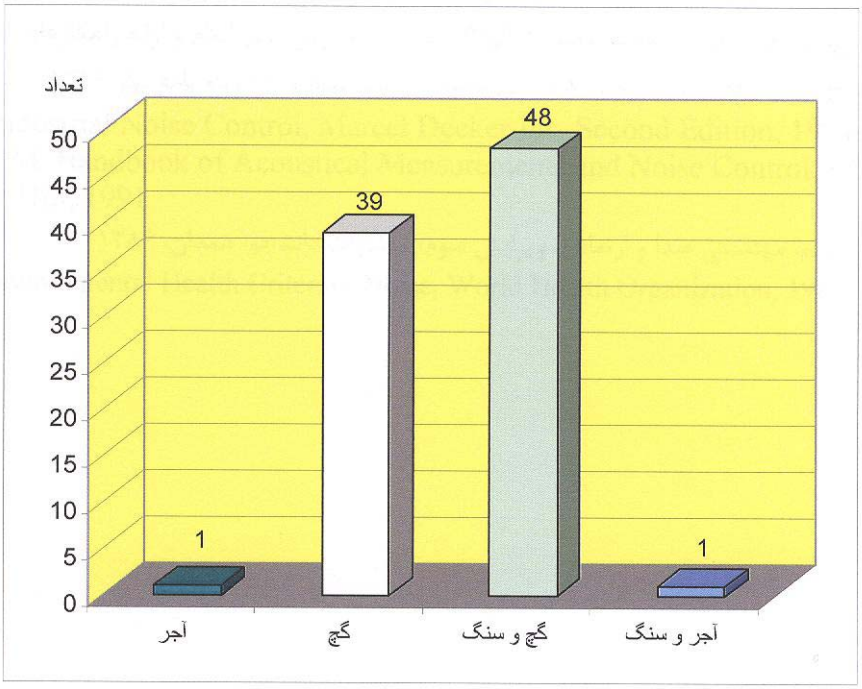


نمودار ۳- توزیع بناهای مدارس مورد مطالعه بر اساس جنس سازه سقف طبقات



نمودار ۴- توزیع بناهای مدارس مورد مطالعه بر اساس جنس پوشش کف

www.SID.ir



نمودار ۵- توزیع بناهای مدارس مورد مطالعه بر اساس جنس اندود داخلی دیوار کلاس ها

بحث و نتیجه‌گیری

نتایج مطالعه نشان داد که تراز معادل فشار صوت در خارج و داخل بنای مدارس شهر تهران خصوصاً در کلاس درس و در حین تدریس از مقادیر مجاز بالاتر بوده است. در این بررسی مشخص گردید که میانگین تراز معادل صوت زمینه در ساعات تدریس در کلاس ها با میانگین کل dB(A)۳۹/۴۱ از مقدار مجاز dB(A) ۳۵ بر اساس استاندارد مقررات ملی ساختمان (۱۰) بالاتر بوده است. میانگین تراز معادل صوت در کلاس ها در ساعات تدریس نیز با میانگین کلی dB(A)۷۱/۹۸ از حد dB(A) ۶۵ توصیه شده توسط سازمان جهانی بهداشت برای پیشگیری از تداخل با مکالمه و اثرات صدا، بیشتر بوده است(۱۵). آزمون آماری نشان داد که اختلاف ارقام فوق در مقاطع تحصیلی برای جامعه مدارس شهر تهران معنی دار نبوده است (P = ۰/۳۷۸).

میانگین تراز معادل صدا در حیاط مدارس در ساعات تدریس برابر dB(A) ۷۲/۷۴ و میانگین تراز معادل صوت در بیرون بنای مدارس در سمت معبر dB(A) ۶۴/۵۲ بوده که از میزان مجاز dB(A)۶۰ کشوری بالاتر بوده است (۱۰).

در پژوهشی که توسط Koszarny انجام گرفت بالاترین تراز صدا در راهروها در زنگ تفریح ثبت شده است که تراز غالب صدا در آن مکان ها dB(A) ۸۰ گزارش شده است(۲ و ۳). در مطالعه حاضر نیز میانگین تراز فشار صوت در راهروها در ساعات تدریس dB(A) ۶۵/۸۳ و در زنگ تفریح dB(A) ۸۶/۳۷ بوده است. هم چنین در مطالعه حاضر، میانگین تراز پیک صدا در راهرو در زنگ تفریح dB(A) ۸۶/۳۷ بوده است که نسبت به مطالعه مذکور مقادیر بالاتری را نشان می‌دهد.

نتایج مطالعه حاضر در مقایسه با مطالعه‌ای که توسط Mikulski و همکاران صورت گرفته است (۱)، تشابه دارد به طوری که آن ها صدای غالب در راهروها را در زنگ تفریح dB(A) ۸۶ گزارش نموده‌اند که در برخی قسمت های راهرو نیز تا dB(A) ۹۸ رسیده است، اما در ساعات تدریس صدای راهروها تا ۶۴ کاهش یافته است. در مطالعه حاضر نیز تراز میانگین معادل صدا در ساعت تدریس در راهرو dB(A) ۶۵/۸۳ بوده است. نتایج مطالعه همچنین در مقایسه با مطالعات

Archive of SID

www.SID.ir

داخل کشور نیز از نظر تراز فشار صوت در داخل کلاس و قابلیت های آکوستیکی همخوانی دارد (۹ و ۱۱).

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با توجه به تراز صدای زمینه کلاس dB(A) ۴۱/ ۳۹ که ناشی از منابع خارجی صوتی بوده است و تراز معادل فشار صوت ناشی از فعالیت کلاسی و منابع صوتی داخلی، عامل اصلی در تعیین تراز فشار صوت معادل کلاس در حین تدریس، صدای ناشی از فعالیت کلاسی و صدای منابع داخل بنا(مانند کلاس های مجاور و راهرو) بوده است. میانگین ارزش آکوستیکی جذب صوتی کلاس ها در حالت خالی که برابر ۴/۵۵ سابین بوده است و حتی این مقدار با احتساب سطح جذبی بدن دانش‌آموزان به ۲۵/۸۶ سابین رسیده است که عدد کوچکی است و نمی‌توانسته جذب مناسبی را برای جلوگیری از انعکاسات صوتی داخل کلاس داشته باشد.

نتایج همچنین نشان داد که میانگین ضریب جذب صوتی سطوح داخلی کلاس ها ۰/۰۱ ± ۰/۰۳۳ و سطح موثر جذبی کلاس خالی ۲/۰۸۶ ± ۴/۵۵ و با احتساب دانش‌آموزان ۴/۳۰ ±۲۵/۸۶ سابین متر مربع بوده است. همچنین میانگین زمان بازآوایی کلاس خالی ۰/۷۹ ± ۳/۶۵ و کلاس پر ۰/۱۹۷ ±۰/۶۳ ثانیه بوده است که در مقایسه با مطالعات مشابه و ارقام توصیه شده قابل قبول نمی باشد. میانگین شاخص افت انتقال صدا برای دیوارهای سمت پنجره (بیرون) با احتساب میزان نشتی صدا dB ۲/۳۷ ± ۲۶/۵۰ و برای سمت راهرو و کلاس های مجاور dB ۲/۲۶ ± ۲۹/۷۲ بوده است میانگین نشت صوتی درب ها ۴۵ /۱۰٪ ± ۳/۷۸٪ و پنجره‌ها در حالت بسته ۱٪ بوده است.با توجه به نشتی درب ها و پنجره ها سطوح جدا کننده نتوانسته است که کفایت لازم را در کنترل انتقال صدا داشته باشد.

از آن جائی که ۷۰/۶٪ از کلاس ها دارای شرایط غیر مجاز صدای زمینه بوده و۶۱/۱٪ از کلاس ها نیز در حین تدریس دارای ترازی بالاتر از dB(A) ۷۰ و غیر مجاز بوده است هم چنین ۹۹٪ دیوارهای سمت پنجره و ۱۰۰٪ دیوارهای سمت راهرو و کلاس های دیگر فاقد توان عایق سازی صوتی مورد نیاز بوده‌اند، می توان نتیجه گرفت که بنای مدارس مورد بررسی قابلیت لازم از نظر آکوستیکی را برای تامین شرایط مورد نیاز نداشته اند. همچنین موقعیت ۵۲/۲٪ از مدارس از نظر مکان یابی آکوستیکی و ترافیکی نامناسب بوده است بنابر این اصلاح آکوستیکی سازه‌ای برای مدارس موجود و مکان یابی و طراحی مبتنی بر کنترل صدا برای مدارسی که در آینده احداث می‌شوند ضروری به نظر می‌رسد.

محاسبات نشان داده که بهترین راه های کنترل، مبتنی بر اصلاح آکوستیکی سازه برای مدارس است. نمونه‌ای از محاسبات مداخله ای برآورد کنترل صدا با استفاده از ورقه های آکوستیک در سقف که دارای متوسط ضریب جذب صوتی ۰/۷ باشد، نشان داد (۱۴-۱۲). که با این اصلاح ساده، مقادیر تراز معادل صوت کلاس ها در حین تدریس حدود ۳ دسی‌بل کاهش می‌یابد و این کاهش به معنی نصف شدن شدت صوت در کلاس است. لذا اقدامات کنترل صدا در وضعیت موجود مدارس مورد بررسی به طور اساسی می‌تواند حول سه محور اصلی: افزایش متوسط ضریب جذب سطوح داخلی (از طریق استفاده از جاذب ها، کاهش سطوح سخت)، کاهش نشتی صدا از درب ها و پنجره‌ها (برای افزایش راندمان افت انتقال یا عایق بندی صوتی دیوارها) و نهایتاً آموزش به دانش‌آموزان و معلمان استوار خواهد شد. مداخلات ذکر شده می‌تواند با کنترل بار برودتی و حرارتی به همراه کنترل صدا، باعث کاهش اتلاف انرژی نیز گردد.

سپاس گزاری

نویسندگان مقاله لازم می دانند که از همکاری و پشتیبانی مالی برای اجرای این تحقیق از دفتر پژوهش و استاندارد سازمان نوسازی و توسعه مدارس کشور قدر دانی نمایند.

منابع

1- Mikulski T, “Sarosiek F and Kolmer R, 1994, Noise level in Szczecin Schools and Selected Health Indicators of Students”, Rocz Panstw Zakl Hig, 45(3), pp: 257-262.

Archive of SID

www.SID.ir

2- Koszarny Z, Gorinsky P, 1990, “Exposure of School children and Teacher to Noise at School”, Rocz Panstw Zakl Hig, 41(5-6), pp: 297-310.

3- Koszarny Z and Jankowska D, 1996, “Determination of the Acoustic Climate Inside high Schools in Comparison with Elementary Schools”, Rocz Panstw Zakl Hig, 47(4) , pp: 423-9.

4- Pekkarinen E and Viljanen V, 1991, “Acoustic conditions for speech communication in classrooms”, Scandinavian audiology; 20(4):257-263.

5- Bistafa SR and Bradley JS, 2000, “Reverberation time and maximum background-noise level for classrooms from a comparative study of speech intelligibility metrics”, J Acoust Soc Am., 107(2):861-875.

6- Hodgson M and Nosal E M, 2002, “Effect of noise and occupancy on optimal reverberation times for speech intelligibility in classrooms”, J Acoust Soc Am. 111(2):931-939.

7- Knecht HA, Nelson PB, Whitelaw GM، Feth LL، 2002, “Background noise levels and reverberation times in unoccupied classrooms: Predictions and measurements”, American journal of audiology, 11(2):65-71.

8- Noweir MH and Ikhwan MA, 1994, “Study of noise pollution in Jeddah schools”, J. Egypt Public Health Assoc, 69(3-4): pp149-162.

۹- نصیری پروین، عباس پور مجید، محمودی محمود، بابایی اصغر، ۱۳۸۴، ”ارزیابی آلودگی صدا در مدارس بخش مرکزی شهرستان کرج“، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲۷، زمستان .

۱۰- وزارت مسکن و شهرسازی، ۱۳۷۹، ”مقررات ملی ساختمان، مبحث هجدهم: عایق بندی و تنظیم صدا“، انتشارات وزارت مسکن و شهرسازی، تهران.

۱۱- نصیری پروین، سجادی جواد، ۱۳۸۶، ”مطالعه وضعیت آلودگی صدا در مدارس شهر ایلام و ارایه راهکارهای اجرایی و تعیین شاخص وضوح کلمات“، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۳۲ ویژه نامه بهار.

12- Bell L and Bell D, 1994, “Industrial Noise Control”, Second Edition, New York, Marcel Decker Inc.

13- Harris C M، “Handbook of Acoustical Measurements and Noise Control”، New York, McGraw-Hill، 1991.

۱۴- گلمحمدی رستم، ۱۳۸۶، ”مهندسی صدا و ارتعاش“، ویرایش سوم، همدان، انتشارات دانشجو.

15- World Health Organization (WHO), 1997, “Environmental Health Criteria- Noise”, Geneva, World Health Organization Publication.

Archive of SID

www.SID.ir