Journal of Occupational Hygiene Engineering Volume 7, Issue 3, Autumn 2020, Pages: 56-63

Original Article

doi: 10.52547/johe.7.3.56

Evaluation of Environmental Noise Control at a Press Workshop of a Metal Structure Factory using the ISO 11690 Method

Mohsen Aliabadi[1], **Rostam Golmohammadi**[2,*]

[1] *Center of Excellence for Occupational Health, Occupational Health and Safety Research Center, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

[2] *Center of Excellence for Occupational Health, Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*

**** Corresponding Author:** Rostam Golmohammadi, Center of Excellence for Occupational Health, Research Center for Health Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran. Email: golmohamadi@umsha.ac.ir*

Received: 11/04/2020
Accepted: 24/06/2020

How to Cite this Article:
Aliabadi M, Golmohammadi R. Evaluation of Environmental Noise Control at a Press Workshop of a Metal Structure Factory using the ISO 11690 Method. *J Occup Hyg Eng*. 2020; 7(3): 56-63. DOI: 10.52547/johe.7.3.56

Abstract

Background and Objective: Noise absorber is considered the main method for noise control in propagation path. This study aimed to evaluate the effectiveness of environmental noise control using noise absorbers at a press workshop based on the recommended ISO 11690 method.

Materials and Methods: This experimental study was performed at a press workshop of a metal structure company. The environmental noise control was established by the installation of a metal mesh using perforated gypsum tiles with a layer of stone wool at the ceiling. Afterward, the evaluation was conducted based on the ISO 11690 method which included the determination of the rate of noise reduction measurement from an omnidirectional source based on the distance doubling. Moreover, the noise level was measured at the defined distance from an artificial noise source along with the length of the workshop.

Results: The environmental noise was reduced approximately (3 to 4 dB) after the installation of an acoustic ceiling. Furthermore, the environmental noise reduction was considerable at the frequency spectrum of 2000 Hz, 4000 Hz, and 8000 Hz. At the press workshop, the noise was reduced 4 dB based on the distance doubling from an omnidirectional source indicating a reduction in the surface noise reflections of the press workshop

Conclusion: The efficiency of the environmental noise control was determined at high accuracy using noise reduction curve from an omnidirectional source, comparison of the results with the recommended optimal conditions, and sound propagation pattern in the free field of the sound.

Keywords: Environmental Noise Control; Industrial Workshop; Noise Absorber; Noise Reduction by Distance

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/johe.7.3.56]

Copyright © 2020 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite

مقاله پژوهشی

doi: 10.52547/johe.7.3.56

ارزیابی اثربخشی کنترل صدای محیطی در کارگاه پرس یک شرکت تولید سازه‌های فلزی بر مبنای روش توصیه‌شده ISO 11690

محسن علی‌آبادی[۱]، رستم گلمحمدی[۲*]

[۱] قطب علمی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات بهداشت و ایمنی شغلی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

[۲] قطب علمی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* **نویسنده مسئول:** رستم گلمحمدی، قطب علمی مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. ایمیل: golmohamadi@umsha.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۱/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۴/۰۴

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: استفاده از جاذب‌های صوتی از روش‌های مهم کنترل صدا در مسیر انتشار محسوب می‌شود. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی اثربخشی کنترل صدای محیطی با استفاده از جاذب‌های صوتی در یک کارگاه پرس بر مبنای روش توصیه‌شده ISO 11690 است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه علوم پایه تجربی در کارگاه پرس یک شرکت تولیدی انجام شد. اقدام کنترل صدای محیطی شامل نصب شبکه فلزی با استفاده از تایل گچی سوراخ‌دار با یک لایه پشم‌سنگ در سقف کارگاه بود. ارزیابی با روش توصیه‌شده ISO 11690 با عنوان اندازه‌گیری کاهش صدا از یک منبع نقطه‌ای بر مبنای دوبرابرشدن فاصله از منبع صورت گرفت. میزان صدا در فواصل مشخص از یک منبع مصنوعی صدا در راستای طول کارگاه اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: کاهش صدای محیطی به میزان ۳ تا ۴ دسی‌بل در کارگاه بعد از اجرای سقف آکوستیک ایجاد شد. در فرکانس ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز صدای محیطی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافت. در کارگاه پرس با دوبرابرشدن فاصله از منبع صوت، صدا به میزان ۴ دسی‌بل کاهش یافت که نشان‌دهنده کاهش بازتاب‌های صدای سطوح در کارگاه است.

نتیجه‌گیری: با اندازه‌گیری کاهش صدا از یک منبع نقطه‌ای و مقایسه نتایج با شرایط بهینه توصیه‌شده و الگوی انتشار صدا در میدان آزاد صوتی، کارایی کنترل صدای محیطی در کارگاه بررسی‌شده با صحت قابل قبولی تعیین شد.

واژگان کلیدی: جاذب‌های صوتی؛ کارگاه صنعتی؛ کاهش صدا بافاصله؛ کنترل صدای محیطی

مقدمه

امروزه مواجهه با صدا یکی از مهم‌ترین مشکلات بهداشتی صنایع است. صدا به‌صورت امواج مکانیکی تأثیر سوئی بر دستگاه شنوایی شاغلان دارد و باعث ایجاد عوارض مختلف شنوایی ازجمله افت شنوایی می‌شود. علاوه‌برآن، روی دیگر مکانیسم‌های بدن اثر منفی دارد و باعث مشکلات زیادی ازجمله ناراحتی‌های عصبی-روانی می‌شود [۲، ۱]. کنترل مبتنی بر سازه یکی از روش‌های مؤثر در کاهش انتشار آلودگی صدا در محیط محسوب می‌شود. استفاده از جاذب‌های صوتی از روش‌های مهم کنترل مبتنی بر سازه در مسیر انتشار است. در محیط‌های کاری پرصدا به‌منظور کاهش انعکاس و زمان بازآوایی و درنتیجه کاهش تراز صدا، روی مصالح اصلی بنا از مواد و مصالحی استفاده می‌شود که خصوصیات جذب صوت دارند. مواد جاذب صوت با تأثیر بر سطوح داخلی بنا و درنتیجه کاهش انعکاس صدا در این سطوح، موجب کاهش تراز صوت می‌شوند [۳].

جذب در آکوستیک به‌معنی افت انرژی هنگام برخورد یک موج صوتی به سطح معین و تبدیل آن به انرژی حرارتی است. برای کاهش ایجاد صدا در محیط‌های بازآوا یا پرانعکاس، از مواد جاذب صدا استفاده می‌شود [۴]. بازتاب‌های صدا از روی سطوح، منبع ثانویه آلودگی صدا محسوب می‌شود. استفاده از مواد و مصالح ساختمانی با خاصیت آکوستیکی مناسب در سطح کارگاه‌های صنعتی، افزایش آلودگی صوتی ناشی از بازتاب‌ها را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش می‌دهد [۶، ۵].

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/johe.7.3.56]

در محیط‌های بسته واقعی، در محدوده‌ای از اطراف منبع نقطه‌ای صدا (به‌طور مثال، در مجاورت دستگاه‌ها) میدان آزاد غالب است، هرچند بازتاب‌ها نیز ممکن است تا حدودی در این ناحیه وجود داشته باشند. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام‌شده، تئوری عکس مجذور فاصله در اطراف منبع صدا در محیط بسته به‌صورت ایدئال و کاهش ۶ دسی بلی با دوبرابرشدن فاصله معمولاً وجود ندارد. علاوه‌براین، در میدان بازآوا نیز صداهای غیرمستقیم غالب هستند، هرچند صدای مستقیم ناشی از منبع نیز در این محدوده دریافت می‌شود.

با توجه به اینکه از جنبه بهداشتی، کاهش صدای در مواجهه با شاغلان اهمیت دارد، شناخت میزان تأثیر صدای مستقیم و غیرمستقیم در محل دریافت‌کننده اثربخشی اقدامات کنترلی صدا را تعیین می‌کند؛ به‌طور مثال، معمولاً استفاده از جاذب‌های صوتی برای کنترل بازتاب‌ها در محیط میدان بازآوا کارایی زیادی دارد و نباید انتظار داشت در میدان مستقیم دستگاه یا منبع صوت تأثیر زیادی بر کاهش مواجهه با صدا داشته باشد [۷]. از نظر متخصصان ارزیابی اثربخشی اقدامات کنترلی صدا و پیشگیری از اصلاحات آکوستیکی کور اهمیت بسیاری دارد. در محیط‌های صنعتی در حال بهره‌برداری، استفاده از روش‌هایی ضروری است که اثربخشی قبل و بعد از انجام مداخله از لحاظ سود هزینه و میزان اثربخشی از جنبه کاهش صدا ارزیابی شود [۸].

برای پیش‌بینی کارایی مداخلات کنترلی صدا قبل از اجرای آن مهم‌ترین روش تجربی، برآورد تراز فشار صدا بر مبنای تئوری میدان انتشار Sabine و Irene است که به مدل کلاسیک صدا نیز معروف است و هنوز هم برای پیش‌بینی نحوه انتشار صدا در هر نوع محیط کاری بر مبنای فاصله بین یک منبع صدا و محل دریافت‌کننده و با لحاظ‌کردن تعداد محدودی از متغیرهای آکوستیکی و سازه‌ای محیط استفاده می‌شود [۹]. این مدل فرض‌هایی دارد که استفاده از آن را برای محیط‌های بسته با سازه‌ها و کاربری‌های مختلف دچار محدودیت می‌کند. برای بررسی کارایی روش کنترل صدای محیطی در این مدل از رابطه نسبت زمان بازآوایی یا ثابت اتاق قبل و بعد از مداخله محیطی استفاده می‌شود که تخمین ثابت اتاق و زمان بازآوایی معمولاً همراه با خطای محاسباتی و کمبود داده‌های ارزش آکوستیکی مصالح محلی روبه‌رو است [۷، ۹]. البته با استفاده از این مدل انتشاری با رعایت مفروضات آن می‌توان تراز صدا را با افزایش فاصله از یک منبع صوت مشخص برای شرایط فعلی و شرایط بعد از مداخله پیش‌بینی کرد. علاوه‌براین، مدل‌های هندسی بر مبنای ردیابی تابش نیز برای پیش‌بینی تراز صدا با فاصله مشخص از منبع صوت و لحاظ‌کردن داده‌های ارزش آکوستیکی کارگاه با صحت بیشتری قابل استفاده هستند. در مطالعه علی‌آبادی و همکاران از مدل هندسی با استفاده از نرم‌افزار Odeon برای پیش‌بینی زمان بازآوایی در یک نمونه محیط صنعتی استفاده شد و حداقل خطای نسبی ۴/۷ درصد بود [۱۰].

برای بیان اثربخشی اقدامات کنترلی بعد از اجرای مداخله، اندازه‌گیری تراز واقعی صدای محیطی در محیط کار بعد از اجرای مداخله و مقایسه آن با مقادیر قبل از مداخله نیز روش خوبی برای تعیین اثربخشی اقدام کنترلی است. بااین‌حال، برای کارگاه‌هایی با تعداد منابع متعدد و صدای متغیر با زمان امکان یکسان‌بودن دقیق شرایط کار قبل و بعد از مداخله بسیار محدود، امکان‌پذیر است و عدم قطعیت زیادی دارد. علاوه‌براینکه معمولاً در اقدامات کنترل محیطی میزان انتظار از کاهش صدا در حد چند دسی‌بل است، یکسان‌نبودن شرایط کار مؤثر بر تراز صدا قبل و بعد از مداخله، امکان تعیین اثربخشی اقدامات کنترل محیطی را با مشکل مواجه می‌کند [۱۱].

روش معتبر توصیه‌شده برای ارزیابی کارایی اقدام کنترل محیطی بعد از اجرای مداخله در حال حاضر اندازه‌گیری عینی زمان بازآوایی قبل و بعد از مداخله و تحلیل سطح کاهش بازتاب برحسب ثانیه است و روش معتبر برای تعیین اثربخشی اقدام کنترل محیطی بر اساس میزان کاهش بازتاب برحسب دسی‌بل، استفاده از روش سازمان بین‌المللی استاندارد ISO 11690 با عنوان اندازه‌گیری عینی کاهش صدا از یک منبع نقطه‌ای بر مبنای دوبرابرشدن فاصله از منبع DL2 و مقایسه آن با شرایط میدان آزاد صوتی DLf (Decay Level Difference) و حتی شرایط قبل از مداخله است [۱۲]. بااین‌حال مطالعات تحقیقی کاربردی در زمینه بررسی اثربخشی مداخلات کنترل صدای محیطی با روش‌های اندازه‌گیری عینی مذکور کمتر یافت می‌شود. هدف از مطالعه حاضر ارزیابی اثربخشی کنترل صدای محیطی با استفاده از جاذب‌های صوتی در کارگاه پرس یک شرکت تولید سازه‌های فلزی با روش توصیه‌شده ISO 11690 است.

مواد و روش‌ها

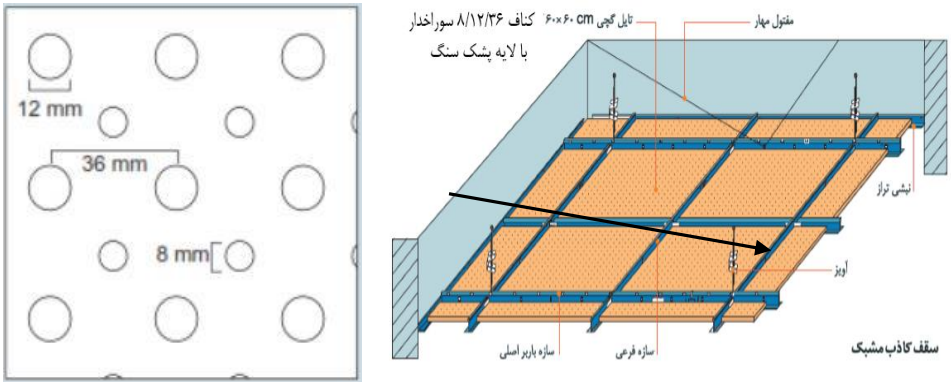
این مطالعه علوم پایه تجربی در کارگاه پرس یک شرکت تولید سازه‌های فلزی در سال ۱۳۹۸ انجام شده است. در این مطالعه طی بررسی‌های اولیه طراحی و اجرای اقدام کنترل صدای محیطی با استفاده از جاذب‌های صوتی انجام گرفت. سپس اثربخشی اقدام مذکور بر اساس روش‌های توصیه‌شده ارزیابی شد. کارگاه مذکور با ارتفاع حداقل ۵/۸ و حداکثر ۱۰/۴ متر، طول ۴۵ متر و عرض ۱۴/۵ متر بود. دیوارها آجری سازه فلزی، سقف سبک فلزی، پنجره‌ها از جنس شیشه معمولی و درب‌ها از جنس آهن بودند. عمده فعالیت تولیدی شامل پانچ‌کاری قطعات نبشی سایز بزرگ با دستگاه‌های پرس با بهره‌گیری از حدود ۱۵ نفر اپراتور بود.

الف. طرح اقدام کنترل صدای محیطی در کارگاه پرس

۱. در کارگاه پرس اولین اقدام مسدودکردن فضای فوقانی دیوار حد فاصل کارگاه‌های ساخت و پرس برای کنترل انتقال

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/johe.7.3.56]



شکل ۱: تایل آکوستیک گچی سوراخ‌دار غیرمتقارن استفاده‌شده در سقف کارگاه

صدا در بین این دو سالن بود که انجام شد. یک دیوار آکوستیکی فشرده با کلاف‌بندی اسکلت قوطی ۸×۸ و شبکه‌بندی دوبل قوطی ۴×۴ با استفاده از پشم‌سنگ تخته‌ای با دانسیته ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب اجرا شد.

۲. اجرای شبکه ۶۰ ×۶۰ فلزی و تایل آکوستیک در سقف سالن پرس برای جلوگیری از بازتابش صدا. شبکه‌بندی با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از زیر پل‌ها و به‌صورت شیب‌دار با استفاده از تایل گچی سوراخ‌دار غیرمتقارن شرکت کناف با کد ۸/۱۲/۳۶ با لایه ۲ سانتی‌متری پشم‌سنگ چسبیده در پشت تایل با دانسیته ۱۰۰ کیلوگرم بر مترمکعب مطابق با شکل ۱ و ۲ اجرا شد [۱۴، ۱۳].

ب. ارزیابی اثربخشی اقدامات کنترل صدای محیطی

۱. مقادیر تراز صدای محیطی در شبکه A در سه نقطه مرکزی کارگاه به دور از صدای مستقیم و غالب دستگاه‌های پرس اندازه‌گیری شد. مقادیر تراز صدای محیطی به‌صورت تراز معادل کوتاه‌مدت ۱۵ ثانیه‌ای LEQ_{15sec} اندازه‌گیری شد. در زمان اندازه‌گیری تراز صدای محیطی قبل و بعد از اجرای مداخله کنترل محیطی صدا، بیشتر تجهیزات کارگاه‌ها در حال فعالیت بودند. بااین‌حال، کنترل شرایط دقیق و یکسان فعالیت از لحاظ نوع تولید و تعداد به‌طور قطعی امکان‌پذیر نیست. برای اندازه‌گیری صدا از ترازسنج صوت مدل AWA5688 استفاده شد. این دستگاه صدا را در شبکه‌های توزین فرکانس A ، C و Z و در حالت توزین زمانی Fast، Slow و Impulse اندازه‌گیری می‌کند. همچنین این صداسنج قادر است متغیرهای مختلف ارزیابی صدا در محیط نظیر LSmin، LSmax و Leq را به‌طور هم‌زمان اندازه‌گیری کند.

۲. ارزیابی دقیق اثربخشی اقدام کنترل صدای محیطی بر مبنای روش توصیه‌شده سازمان بین‌المللی استاندارد 11690 ISO با عنوان اندازه‌گیری کاهش صدا از یک منبع نقطه‌ای بر مبنای دوبرابرشدن فاصله از منبع DL2 و مقایسه آن با شرایط میدان آزاد صوتی و شرایط قبل از مداخله صورت گرفت. در جدول ۱ توصیه‌شده سازمان بین‌المللی استاندارد به‌منظور



شکل ۲: کارگاه پرس قبل و بعد از اقدام کنترل صدای محیطی

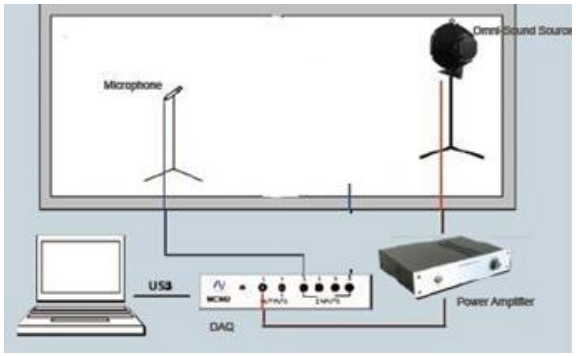
جدول ۱: حدود توصیه‌شده قابل‌قبول بازتاب صدا بر مبنای ISO 11690 در کارگاه‌های صنعتی [۱۲]

حجم کارگاه (مترمکعب)	زمان باز آوایی (ثانیه)	میزان کاهش تراز صدا با دوبرابرشدن فاصله از منبع (دسی‌بل)
V<۲۰۰	RT<۰/۵-۰/۸	-
۲۰۰<V<۱۰۰۰	۰/۸<RT<۱/۳	-
V>۱۰۰۰	-	DL_2>۳-۴dB

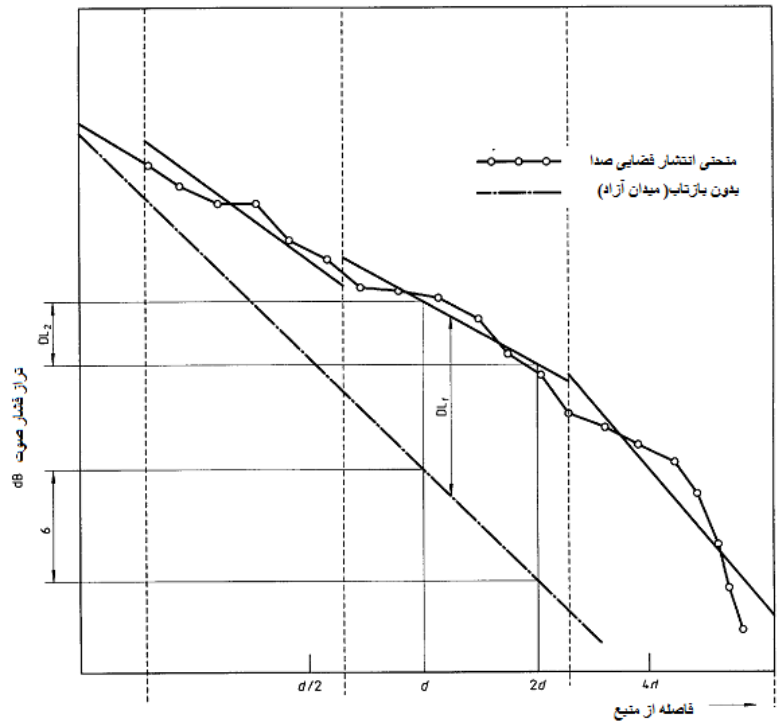
[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/johe.7.3.56]

بهینه‌سازی آکوستیکی محیط‌های کار برای کارگاه‌های با حجم بیشتر از ۱۰۰۰ مترمربع، کاهش صدا از یک منبع مشخص صدا با دوبرابرشدن فاصله از منبع DL_2 در مکان‌های مختلف نسبت به منبع حداقل بیش از ۳ تا ۴ دسی‌بل است. تجهیزات فنی اندازه‌گیری کاهش صدا بر مبنای فاصله از یک منبع تمام جهت مصنوعی صدا در سطح کارگاه در شکل ۳ نشان داده شده است. اندازه‌گیری در شرایط عدم فعالیت تولیدی در کارگاه با حداقل صدای زمینه ۴۰ تا ۵۰ دسی‌بل انجام شد. صدایی با ماهیت صدای Pink توسط منبع مصنوعی صدا در یک فشار صوتی بالا پخش شد و تراز صدا در فواصل مشخص از منبع در خط مرکزی وسط و به‌موازات طول سالن مطابق با توصیه روش استاندارد اندازه‌گیری شد [۱۲]. البته اندازه‌گیری در جهات مختلف نسبت به منبع صوت هم در صورت نبود موانع در مسیر اندازه‌گیری برای تکمیل اطلاعات توصیه شده است. در شکل ۴ نحوه تعیین DL2 و DLf بر اساس منحنی کاهش صدا با فاصله از منبع صوت نشان داده شده است.



شکل ۳: تجهیزات فنی اندازه‌گیری کاهش صدا بر مبنای فاصله از منبع در سطح کارگاه



شکل ۴: نحوه تعیین DL2 و DLf بر اساس منحنی کاهش صدا با فاصله از منبع صوت [۱۲]

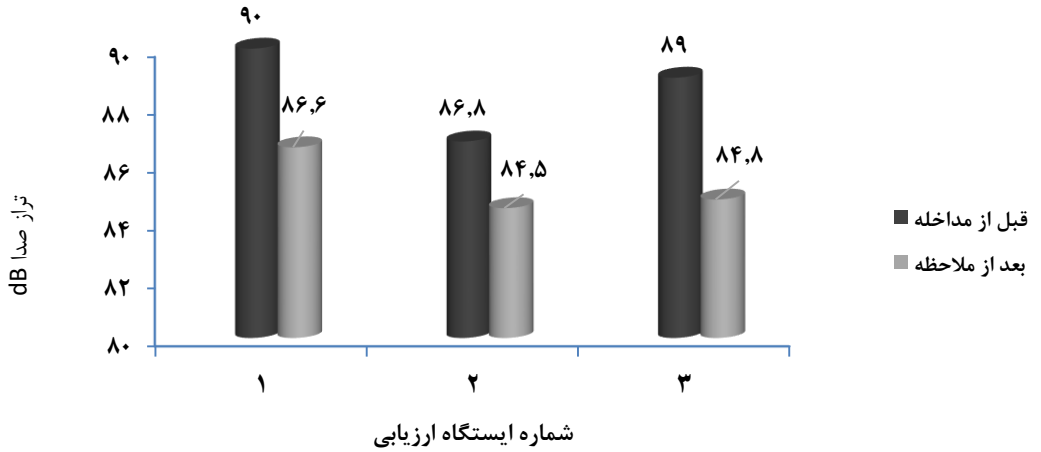
یافته‌ها

نتایج اندازه‌گیری محیطی در نقاط میانی کارگاه پرس قبل و بعد از اجرای مداخله سقف آکوستیک در شکل ۵ ارائه شده است. نتایج نمودار نشان‌دهنده کاهش تقریبی صدای محیطی به میزان ۳ تا ۴ دسی‌بل در کارگاه پرس بعد از اجرای سقف آکوستیک و ایزولاسیون آکوستیکی دیوار بین دو کارگاه ساخت و پرس است.

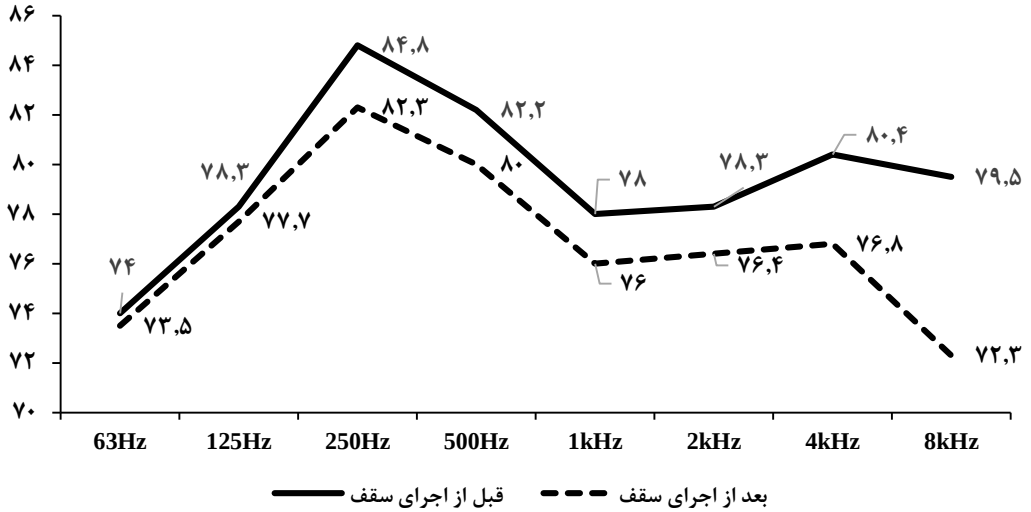
نتایج تجزیه فرکانسی صدا در وسط کارگاه پرس قبل و بعد از اجرای سقف آکوستیک در شکل ۶ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد در فرکانس‌های ۲۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۸۰۰۰ هرتز صدای محیطی به‌طور محسوسی کاهش یافته است. با توجه به جنس لایه جاذب شامل تایل و پشم‌سنگ، کارایی بیشتر در فرکانس‌های بالا ۲۰۰۰ تا ۸۰۰۰ هرتز قابل پیش‌بینی بود.

نتایج نحوه کاهش صدا در کارگاه پرس با فاصله از منبع صدا در مقایسه با فضای آزاد در شکل ۷ نشان داده شده است. نتایج بررسی مطابق با شکل ۶ نشان داد با دوبرابرشدن فاصله از یک منبع صوت با توان مشخص در فضای آزاد، صدا به میزان تقریبی ۸ دسی‌بل کاهش یافته است. در کارگاه پرس با دوبرابرشدن فاصله DL2 از همان منبع صوت با توان مشخص صدا از فاصله ۴ متری به ۸ متری از منبع به میزان ۴ دسی‌بل و از فاصله ۳ متری به ۶ متری از منبع به میزان ۵ دسی‌بل کاهش یافته است. با توجه به رعایت محدوده میدان آزاد اطراف منبع DL2 از فاصله

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-07]
[DOI: 10.52547/johe.7.3.56]



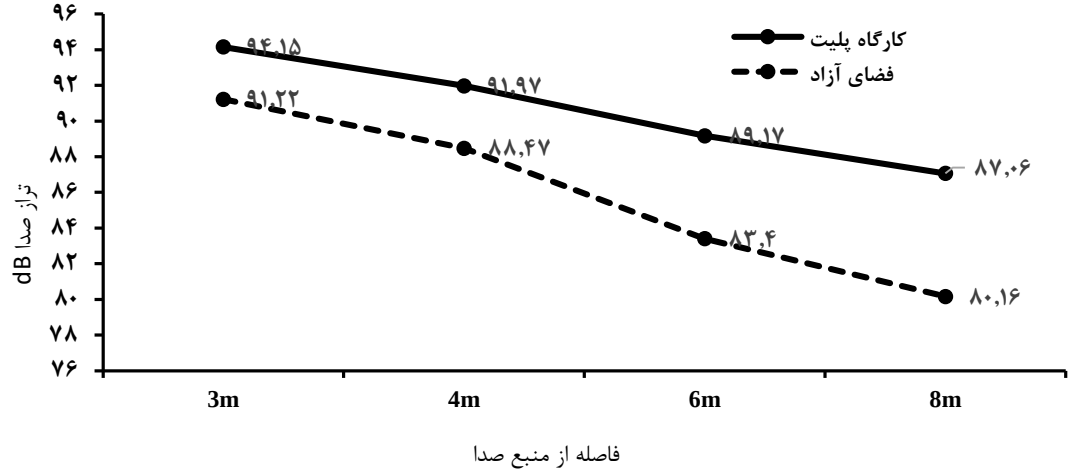
شکل ۵: میزان تراز صدای محیطی در سه ایستگاه مرکزی سالن پرس قبل و بعد از مداخله



شکل ۶: نتایج تجزیه فرکانسی صدا در وسط کارگاه پرس قبل و بعد از اجرای سقف آکوستیک

۴ متر سطح اطمینان بیشتری دارد. میزان DLF هم در فاصله ۴، ۶ و ۸ متری به ترتیب ۳، ۶ و ۷ دسی‌بل تعیین شد. هر چقدر میزان DLF کمتر باشد، شرایط از لحاظ آکوستیکی بهتر است.

افزایش مقدار DLF با افزایش فاصله از منبع به دلیل نزدیکی به سطوح دیوارهای انتهایی کارگاه است که تا حدودی بازتاب صدا ایجاد کرده است.



شکل ۷: نتایج نحوه کاهش صدا در کارگاه پرس با فاصله از منبع صدا در مقایسه با فضای آزاد

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/johe.7.3.56]

بحث

کنترل صدای محیطی یکی از روش‌های مؤثر کاهش صدای در مواجهه شاغلان به‌طور یکنواخت در کل کارگاه است. از خصوصیات این روش در مقایسه با روش‌های کنترل موضعی صدا، ایجادنشدن اختلال یا محدودیت در فعالیت کارگر یا تجهیزات است. بااین‌حال، سنجش میزان کارایی و اثربخشی نهایی این اقدامات کنترلی اهمیت بسیاری دارد. کنترل صدا در محیط‌های صنعتی پرصدا به‌منظور دستیابی به شرایط کاملاً ایدئال نیازمند مجموعه مداخلاتی است که کنترل صدای محیطی یکی از این مداخلات است. کاهش ۳ تا ۴ دسی بلی صدای محیطی در کارگاه پرس بعد از اجرای سقف آکوستیک نشان‌دهنده اهمیت کاهش بازتاب‌های صوتی در محیط‌های صنعتی است. نتیجه‌گیری از این یافته باید با درنظرگرفتن عدم قطعیت صورت گیرد؛ زیرا شرایط کاری مؤثر بر صدا قبل و بعد از مداخله ممکن است دچار تغییرات احتمالی شده باشد. استفاده از تایل‌های آکوستیک یا لایه پشم‌سنگ چسبیده در پشت به‌خوبی بازتاب‌های صوتی از سقف را کاهش داد. علاوه‌براین، رنگ روشن تایل منجر به بهبود کارایی سیستم روشنایی مصنوعی و افزایش شدت روشنایی در سطح کارگاه شد. همچنین تایل به همراه پوشش پشم‌سنگ به تقویت عایق حرارتی سقف سالن و کاهش بار حرارتی در فصل زمستان منجر می‌شود.

مطالعات گذشته قابل مقایسه در این زمینه بسیار محدود قابل دسترس است. در مطالعه Holecek نیز نشان داده شد استفاده از جاذب‌های صوتی در سقف کارگاه صنعتی پرس تا ۳ دسی‌بل صدا را در فاصله دور از ماشین‌آلات پرس کاهش می‌دهد. البته در این مطالعه با به‌کارگیری سایر روش‌های کنترل موضعی، تراز صدا از ۹۰ به ۸۰ دسی‌بل کاهش یافت [۱۵].

نتایج نشان داد در کارگاه پرس با دوبرابرشدن فاصله از منبع صوت با توان مشخص، صدا به میزان ۴ دسی‌بل کاهش یافته است که مطابق جدول ۱ درخصوص فضاهای با حجم بیشتر از ۱۰۰۰ متر شرایط بهینه آکوستیکی از لحاظ کاهش بازتاب‌های صدای سطوح و درنهایت کاهش صدای محیطی رخ داده است؛ بنابراین، با اضافه‌شدن جاذب در سقف کارگاه ثابت جذب صوتی محیط و درنتیجه ارزش آکوستیکی کل محیط افزایش یافته و انتشار صدا در محیط کارگاه به دلیل کاهش بازتاب‌های صدا به شرایط فضای باز نزدیک شده است. البته با دوبرابرشدن فاصله از همان منبع صوت با توان مشخص در فضای آزاد (محوطه شرکت) صدا به میزان تقریبی ۸ دسی‌بل کاهش یافته است. در فضای آزاد جذب صدا ۱۰۰ درصد است و هیچ مانع یا سطوحی باعث بازتاب صدا نمی‌شود. بااین‌حال لازم است اندازه‌گیری‌های نحوه انتشار صدا در کارگاه در چندین جهت انجام گیرد و میانگین کاهش صدا با افزایش فاصله تشریح شود. همچنین لازم است نتایج الگوی انتشار صدا قبل و بعد از اجرای مداخله جاذب صدا در سقف نیز بررسی شود. در این مطالعه به مقایسه نتایج بعد از اجرای مداخله جاذب صدا با شرایط بهینه توصیه‌شده سازمان بین‌المللی استاندارد کفایت شده است.

با استفاده از روش توصیه‌شده ISO به‌راحتی می‌توان کارایی اقدام کنترل محیطی صدا را با مقایسه نتایج بعد از اجرای مداخله جاذب صدا با شرایط بهینه توصیه‌شده تعیین کرد. با استفاده از روش توصیه‌شده ISO به‌راحتی می‌توان اثربخشی اقدام کنترل محیطی صدا را با مقایسه نتایج الگوی انتشار صدا بعد از اجرای مداخله جاذب صدا با شرایط میدان آزاد به‌صورت تعیین تغییرات صدا برحسب دسی‌بل با عنوان DLf در هر نقطه اندازه‌گیری و حتی مقایسه با شرایط قبل از مداخله بیان کرد. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده انطباق الگوی انتشار صدا با فاصله از منبع در نقاط مختلف کارگاه با میزان زمان بازآوایی اندازه‌گیری‌شده در همان نقاط مقایسه و تحلیل شود تا محدوده‌های فضای آزاد و فضای بازتابی در کارگاه نسبت به جانمایی تجهیزات و ماشین‌آلات تعیین شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش تأیید کرد کاهش ۳ تا ۴ دسی‌بلی صدای محیطی در کارگاه پرس بعد از اجرای سقف آکوستیک نشان‌دهنده اهمیت کاهش بازتاب‌های صوتی در محیط‌های صنعتی است. با دوبرابرشدن فاصله از منبع صوت با توان مشخص، صدا به میزان ۴ دسی‌بل کاهش یافته است که نشان‌دهنده کارایی اقدام کنترل صدای محیطی است. بااین‌حال، برای کنترل صدا در مواجهه‌های نزدیک کارگران باید به‌صورت تکمیلی از سایر روش‌های کنترل موضعی صدا استفاده شود. با استفاده از روش توصیه‌شده سازمان بین‌المللی استاندارد به‌راحتی می‌توان کارایی اقدام کنترل محیطی صدا را با مقایسه نتایج بعد از اجرای مداخله جاذب صدا با شرایط بهینه توصیه‌شده و مقایسه نتایج الگوی انتشار صدا بعد از اجرای مداخله جاذب صدا با شرایط میدان آزاد به‌صورت تعیین اختلاف صدا DLf برحسب دسی‌بل در هر نقطه اندازه‌گیری بیان کرد.

تشکر و قدردانی

این مطالعه از طرح مشاوره فنی در قالب قرارداد ارتباط با صنعت و جامعه بین شرکت تولید سازه فلزی و معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی همدان در سال ۱۳۹۸ گرفته شده است. بدین‌وسیله از حمایت‌های مدیران محترم آن شرکت و همچنین معاونت محترم تحقیقات دانشگاه تشکر و قدردانی می‌شود.

تضاد منافع

در این پژوهش، هیچ‌گونه تضاد منافع و تعارضی وجود ندارد.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/johe.7.3.56]

ملاحظات اخلاقی

در این پژوهش، کلیه ملاحظات اخلاقی مورد نظر دانشگاه علوم پزشکی در قرارداد منعقده ارتباط با صنعت رعایت گردیده است.

سهم نویسندگان

محسن علی‌آبادی: طراحی مطالعه و جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل آن

رستم گلمحمدی: طراحی مطالعه و نگارش مقاله

حمایت مالی

نویسندگان از حمایت‌های مالی مدیریت شرکت مورد مطالعه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

REFERENCES

1. World Health Organization. Protection of the human environment. Geneva, World Health Organization; 2004.
2. Gholami T, Piran Veyseh P, Aliabadi M, Farhadian M. Study of noise pollution and its effects on subjective fatigue of staff in the governmental banks of Hamadan city. *Iran Occup Health*. 2014;**11**(5):65-73. [Persian]
3. Aliabadi M, Golmohammadi R, Mansoorizadeh M. Objective approach for analysis of noise source characteristics and acoustic conditions in noisy computerized embroidery workrooms. *Environ Monit Assess*. 2014;**186**(3):1855-64. PMID: 24214295 DOI: 10.1007/s10661-013-3499-2
4. Bell LH, Bell DH. Industrial noise control: fundamentals and applications. New York: Marcel Dekker; 1994.
5. Oliaei M, Golmohammadi R, Aliabadi M, Shahidi R, Orvati movafagh M. Comparison of static wave ratio and transfer function method in determining the sound absorption coefficient of materials. *J Occup Hyg Eng*. 2018;**5**(2):1-11. DOI: 10.21859/johe.5.2.1
6. Golmohammadi R, Aliabadi M, Motlagh MS, Goodarzi R. Efficiency assessment of acoustic cabin for providing acoustic comfort in turbine unit of a thermal power plant. *J Occup Hyg Eng*. 2019;**6**(1):1-7. DOI: 10.21859/johe.6.1.1
7. Keränen J, Hongisto V. Comparison of simple room acoustic models used for industrial spaces. *Acta Acust United Acustica*. 2010;**96**(1):179-94. DOI: 10.3813/AAA.918267
8. International Organization for Standardization (ISO). Acoustics- recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery. Part1: noise control strategies. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 1997.
9. Hodgson M. Experimental evaluation of simplified models for predicting noise levels in industrial workrooms. *J Acoustical Soc Am*. 1998;**103**(4):1933-9. DOI: 10.1121/1.421345
10. Aliabadi M, Golmohammadi R, Ohadi A, Mansoorizadeh M, Khotanlou H, Sarrafzadeh MS. Development of an empirical acoustic model for predicting reverberation time in typical industrial workrooms using artificial neural networks. *Acta Acustica Unit Acustica*. 2014;**100**(6):1090-7. DOI: 10.3813/AAA.918788
11. Golmohammadi R, Moazaz F, Aliabadi M. The noise control prioritizing index in a tire manufacturing company. *J Occup Hyg Eng*. 2017;**4**(3):41-8. DOI: 10.21859/johe.4.3.41
12. International Organization for Standardization (ISO). lSO/TR 11690-3: acoustics- Recommended practice for the design of low-noise workplaces containing machinery – part 3: Sound propagation and noise prediction in workrooms. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 1997.
13. Cox TJ, Antonio PD. Acoustic absorbers and diffusers theory, design and application. 2nd ed. Florida: CRC Press; 2009.
14. International Organization for Standardization (ISO). ISO EN 12354-6, building acoustics - estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 6: Sound absorption in enclosed spaces, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization; 2003.
15. Holeček N, Bošnjaković R. The acoustic treatment of an industrial hall. Facta universitatis-series: *Work Living Environ Protect*. 2008;**5**(1):1-10.

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-07]

[DOI: 10.52547/johe.7.3.56]