



Noise Control Measures Prioritization and Job Groups Identification Exposed to Hearing Impairments to Implement a Hearing Conservation Program in the Azar Oil Field

Ali Askari^{1,3} , Arash Sepahvand², Masoud Davoodi³, Farhad Mokhtari³, Ali Salehi-Sahlabadi^{4*} 

1. Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
2. Safety, Health and Environment, Oil Industries Commissioning and Operation Company, Tehran, Iran.
3. Safety, Health and Environment, Site manager, Commissioning and Operation Company at Azar oil field project, Ilam, Iran.
4. Department of Occupational Health Engineering and Workplace Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Received: 2022/03/26

Accepted: 2022/04/12

Abstract

Background and Aim: Noise is the industry's most common occupational harmful factor. Therefore, the present study aimed to identify and prioritize occupational groups exposed to noise in an oil field.

Methods: This cross-sectional study was started in the winter of 2021 by examining the job description of employees and performing dosimetry using the CEL-360 device. The sound pressure level distribution was measured using the Casella CEL device and based on ISO 9612-2009 (E). Using Surfer 21 and AutoCAD 2020 software, an isotonic map was prepared, and priority occupational groups and primary noise sources were identified using Noise Control Priority Index (NCPI). In stations with more than 85 dB sound pressure levels, noise frequency analysis was performed, and in the last stage, appropriate corrective action was presented according to the production process.

Results: The findings of this study showed that 16% of the area has the priority for control measures in the danger area, and 23.56% is located in the precautionary area. Operations were identified among the occupational groups with the highest NCPI score (1.5) to be prioritized in the hearing protection program.

Conclusion: The present study results show that the combined sound pressure level, duration, and the number of exposed people can provide a suitable model for prioritizing voice control and identifying occupational groups in need of care in the hearing protection program.

Keywords: Gas and Oil Industry; Occupational Noise; Occupational Health; Harmful factors

Please cite this article as:

Askari A, Sepahvand A, Davoodi M, Mokhtari F, Salehi-Sahlabadi A. Noise Control Measures Prioritization and Job Groups Identification Exposed to Hearing Impairments to Implement a Hearing Conservation Program in the Azar Oil Field. *Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat*. 2022;10(2): 176-87. doi: 10.22037/iipm.v10i2.37886

*
Corresponding Author: asalehi529@sbmu.ac.ir

اولویت بندی اقدامات کنترلی سروصدا و شناسایی گروه های شغلی در معرض آسیب های شنوایی جهت پیاده سازی برنامه حفاظت شنوایی در میدان نفتی آذر

علی عسکری^{۱*} (id)، آرش سپه وند^۲، مسعود داودی^۳، فرهاد مختاری^۴، علی صالحی سهل آبادی^{۴*} (id)

۱. گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۲. گروه ایمنی، بهداشت و محیط زیست، شرکت راه اندازی و بهره برداری صنایع نفت، تهران، ایران.
۳. گروه ایمنی، بهداشت و محیط زیست سایت، شرکت راه اندازی و بهره برداری صنایع نفت، طرح توسعه میدان نفتی آذر، ایلام، ایران.
۴. گروه مهندسی بهداشت حرفه ای و ایمنی کار، دانشکده بهداشت و ایمنی، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۲۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۱/۰۶

چکیده

سابقه و هدف: سروصدا شایع ترین عوامل زیان آور شغلی در صنعت است. مطالعه حاضر باهدف اولویت بندی اقدامات کنترلی سروصدا و شناسایی گروه های شغلی در معرض آسیب های شنوایی جهت پیاده سازی برنامه حفاظت شنوایی در میدان نفتی آذر صورت پذیرفت.

روش کار: پژوهش مقطعی حاضر در زمستان ۱۴۰۰ با بررسی شرح وظایف کارکنان و انجام دوزیمتری با استفاده از دستگاه CEL-360 آغاز گردید، با استفاده از دستگاه Casella CEL و بر اساس ISO 9612-2009 (E) توزیع تراز فشار صوت اندازه گیری شد. با استفاده از نرم افزارهای Surfer 21 و AutoCAD 2020 نقشه خطوط هم تراز تهیه و گروه های شغلی دارای اولویت و منابع اصلی سروصدا با استفاده از شاخص اولویت بندی اقدامات کنترلی صدا (NCPI: Noise Control Priority Index) مشخص شدند. در ایستگاه های دارای تراز فشار صوت بیش از ۸۵ دسی بل، آنالیز فرکانس صوت انجام و نهایتاً اقدام اصلاحی مناسب، با توجه به فرآیند تولید ارائه گردید

یافته ها: یافته های این مطالعه نشان داد که ۱۶ درصد از ناحیه دارای اولویت اول برای اقدامات کنترلی در ناحیه خطر بود و ۲۳/۵۶ درصد در ناحیه احتیاط واقع شد. گروه شغلی ایمنی با بیشترین مدت مواجهه و کمترین تعداد کارکنان در محدوده عملیاتی، دارای بالاترین نمره شاخص اولویت بندی اقدامات کنترلی صدا (۱/۵) بود و برای اجرای برنامه حفاظت شنوایی در الویت قرار گرفتند.

نتیجه گیری: نتایج پژوهش حاضر نشان می دهد که استفاده ترکیبی از تراز فشار صوت، مدت زمان و تعداد افراد در معرض می توان برای الویت بندی کنترل صدا و شناسایی گروه های شغلی نیازمند مراقبت در برنامه حفاظت شنوایی الگوی مناسبی ارائه داد.

واژگان کلیدی: صنعت نفت؛ (NCPI) شاخص اولویت بندی اقدامات کنترلی صدا؛ آلودگی صوتی؛ سروصدا؛ عوامل زیان آور فیزیکی

به این مقاله، به صورت زیر استناد کنید:

Askari A, Sepahvand A, Davoodi M, Mokhtari F, Salehi Sahlabadi A. Noise Control Measures Prioritization and Job Groups Identification Exposed to Hearing Impairments to Implement a Hearing Conservation Program in the Azar Oil Field. Irtiqa Imini Pishgiri Masdumiyat. 2022;10(2): 176-87. doi: 10.22037/iipm.v10i2.37886

مقدمه

در میان عوامل زیان آور فیزیکی شغلی، صدا شایع ترین عامل مواجهه در محیط های صنعتی است (۱). لذا ارزیابی میزان صدا به دلیل تنوع فرایندها و تجهیزات مولد صدا و نهایتاً اثرات بهداشتی آن مورد توجه می باشد (۲). صدا یکی از عوامل اصلی در ایجاد بیماری های شغلی است (۳)، که باعث ایجاد اختلال در عملکرد کاری، رفتارهای اجتماعی و ناراحتی افراد می شود (۴، ۵). افت شنوایی از مهم ترین اثرات ناشی از مواجهه با صدا بوده و می تواند به تشدید بیماری هایی از قبیل فشارخون بالا، بیماری های قلبی عروقی، اختلالات گوارشی، عصبی-روانی و اختلال خواب بیانجامد (۶-۹). صدا می تواند با ایجاد فرسودگی شغلی، اختلال در عملکرد شناختی، مشکلات ارتباطی، باعث شنیده نشدن علائم هشداردهنده صوتی شود، ایمنی و کارایی فرد را متأثر سازد و موجب استرس و کاهش بهره وری گردد؛ اما اغلب به این موضوع توجه نمی شود (۱۰-۱۴). علاوه بر موارد بیان شده در اهمیت پیشگیری از بروز اثرات ناشی از صدا، این موضوع از دیدگاه اقتصادی نیز قابل توجه است به گونه ای که در گستره جهانی ۱۶ درصد از موارد افت شنوایی مربوط به مواجهه با صدا در محیط های کاری است و برآورد می شود ۶۰۰ میلیون نفر در محیط کار خود در معرض مواجهه با صدای زیان آور باشند. در ایران، برآورد شده است که بیش از ۲ میلیون نفر شاغلین صنعتی در معرض مواجهه با صدای بیش از حد مجاز می باشند (۱۵، ۱۶). کاهش شنوایی ناشی از صدا Noise Induced Hearing Loss (NIHL) به عنوان دومین بیماری شغلی گزارش شده است. در سال ۲۰۰۷ افت شنوایی ۱۴ درصد از بیماری های شغلی را به خود اختصاص داده که ۸۲ درصد آن در کارگاه های صنعتی اتفاق افتاده است (۱۷). با توجه به آمارهای موجود، ضرورت کنترل صدا در محیط های کاری آشکار می گردد (۱۸). روش های عمومی کنترل صدا شامل کنترل در منبع صوت، کنترل در محیط و مسیر انتشار و کنترل در محل گیرنده می باشد. در این میان کنترل در منبع مؤثرترین روش است. همچنین در صورتی که کنترل در منبع آلودگی و یا در مسیر انتشار امکان پذیر نباشد، به کارگیری تجهیزات حفاظت فردی دارای کمترین اثربخشی و در عین حال رایج ترین و ارزان ترین انتخاب می باشد (۱۵، ۱۶، ۱۹). همچنین در شرایطی که امکان استفاده از راهکارهای مهندسی وجود نداشته باشد اجرای برنامه حفاظت شنوایی مهم ترین راهکار پیشگیری از بروز افت شنوایی شاغلین در محیط های کار محسوب می شود (۲۰). برنامه حفاظت شنوایی بر اساس دستورالعمل اداره

شغلی، ایمنی و بهداشت حرفه ای (Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ۱۹۸۳ دارای پنج عنصر کلیدی شامل: ارزیابی و کنترل میزان مواجهه با سروصدا، آموزش کارگران در خصوص اهمیت حفاظت از سیستم شنوایی، تهیه وسایل حفاظت شنوایی بدون هزینه برای کارگران، شنوایی سنجی سالیانه و ثبت سوابق (۲۱) است که اثربخشی این برنامه نیازمند اجرای صحیح و کامل این مراحل می باشد (۲۲). عدم امکان پیاده سازی اقدامات کنترلی مهندسی در بسیاری از موقعیت ها منجر به استفاده گسترده از تجهیزات حفاظت شنوایی در صنایع شده است (۶) نکته مهم در خصوص برنامه حفاظت شنوایی لزوم انجام شنوایی سنجی جهت شناسایی گروه های در معرض آلودگی صوتی است (۲۳، ۲۴) که برنامه حفاظت شنوایی را مشمول هزینه و زمان می کند. صنایع نفتی و مشتقات آن در کشور دارای جایگاهی ویژه می باشند، تعداد بالای کارگران در این صنعت و نتایج تحقیقات مربوط به آلودگی صوتی در این صنایع، انجام مطالعات بیشتر در این حوزه را ضروری می نماید (۱۱، ۱۶). لذا با توجه به آنچه بیان گردید دو موضوع از اهمیت ویژه ای برخوردار می گردند: اول آنکه شناسایی منابع اصلی آلودگی صوتی از نظر بهداشتی تسهیل شود تا بر اساس اولویت های ذکر شده بررسی امکان کنترل میزان سروصدا در منبع فراهم گردد. از طرف دیگر با توجه به تعداد بالای کارکنان در صنایع، جهت پیشگیری از آسیب های شنوایی شناسایی گروه های شغلی در معرض آسان تر گردند و همین امر بهینه سازی هزینه جهت تأمین تجهیزات و تسهیل اجرای برنامه حفاظت شنوایی را فراهم سازد. این مطالعه باهدف اولویت بندی اقدامات کنترلی سروصدا در میدان نفتی آذر و همچنین ارائه شناسایی گروه هایی شغلی در معرض صدا و دارای اولویت در برنامه حفاظت شنوایی در پاییز سال ۱۴۰۰ انجام گردید.

روش کار

میدان نفتی آذر با ظرفیت عملیاتی تولید ۶۵ هزار بشکه نفت در روز در استان ایلام فعال است. مخزن این میدان با میدان نفتی بدرای عراق مشترک است و در امتداد میدان نفتی چنگوله واقع می باشد. در هر نوبت کاری ۴۵۰ نفر با میانگین سنی ۳۲/۰۲ سال و انحراف معیار ۶/۰۷ سال مشغول بکار می باشند.

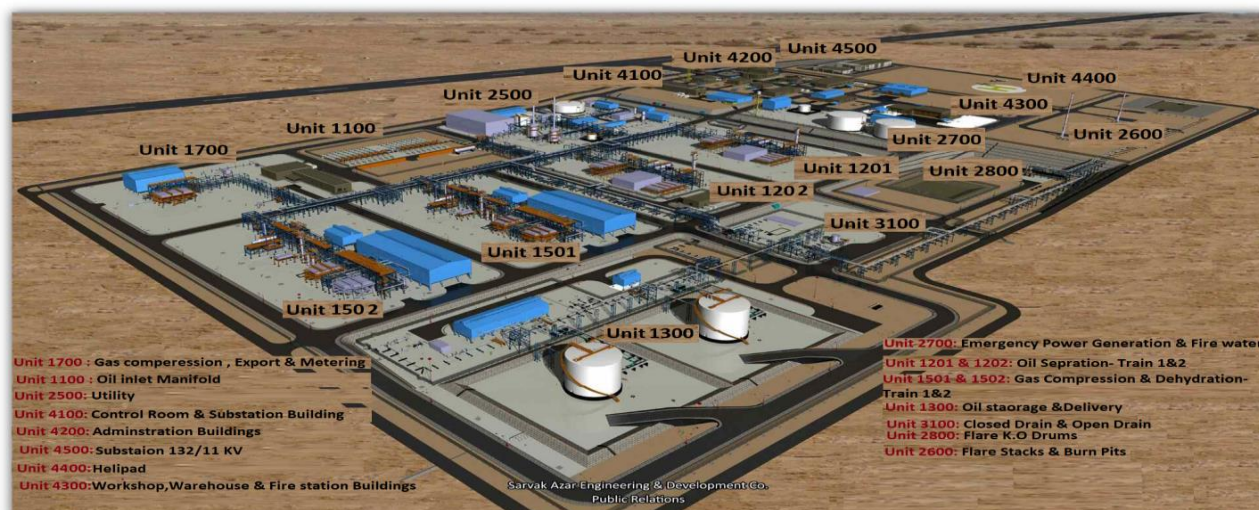
واحدهای فرآیندی در تأسیسات فرآوری مرکزی Central Processing Facility (CPF) این میدان شامل جداسازهای (Test Separation (1 Train) and Separation (2 Trains)) مرحله ۱ و

فشرده‌سازی گاز ((Gas gathering and compression (2 Trains))
، آگیری گاز ((Gas dehydration (2Trains)) و صادرات گاز (Gas)
Export (1 Train)) می‌باشند (شکل ۱ و ۲).

۲، واحد نمک‌زدایی ((Oil Desalting (2 Trains))، تثبیت‌کننده
نفت ((Oil Stabilization (2 Trains))، بخش ذخیره‌سازی و
صادرات نفت ((Oil storages and export (1 Train))، جمع‌آوری و



شکل ۱. جانمایی واحدهای فرآیندی در تأسیسات فرآوری مرکزی (CPF)



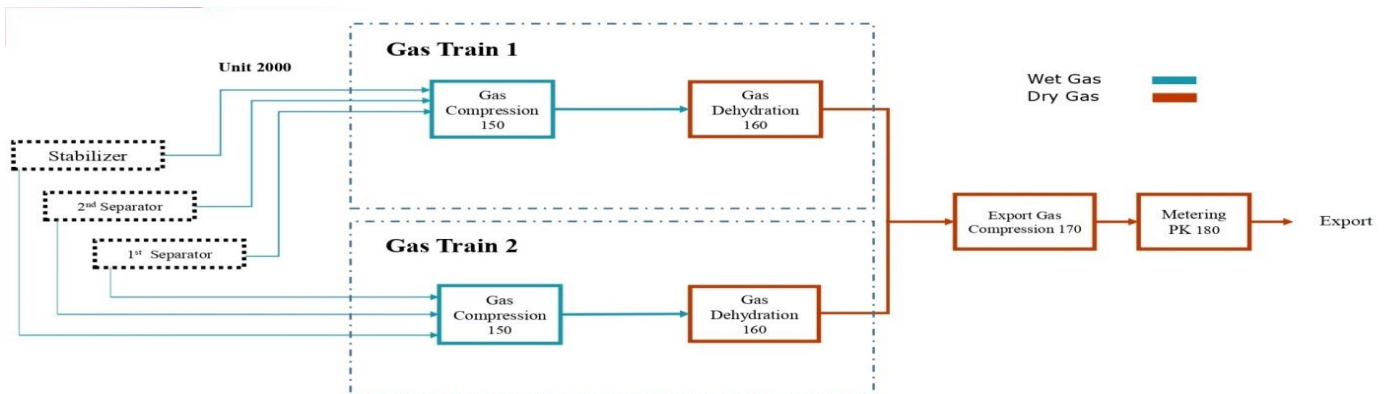
شکل ۲. معرفی واحدهای فرآیندی در تأسیسات فرآوری مرکزی (CPF)

(نواحی ۱۲۰۱ و ۱۲۰۲) در نظر گرفته شده‌اند. سیال در این نواحی پس از عبور از مبدل حرارتی و افزایش دما تا ۶۲ درجه سانتی‌گراد وارد جداکننده مرحله ۱ و ۲ به منظور جداسازی گاز و آب می‌شود. آب‌روغنی جهت تصفیه به واحد ۳۰۰ در ناحیه ۲۵۰۰ هدایت شده و گاز تولیدشده نیز به ساکشن درام فشرده‌سازی هدایت می‌شود. در ادامه نفت خروجی از جداکننده‌های مرحله اول و دوم پس از اعمال فشار توسط پمپ‌های تغذیه کننده نمک زدا وارد دیسالتر می‌شود. بعد از نمک‌زدایی در نواحی ۱۲۰۱ و ۱۲۰۲؛ نفت خام بعد از طی کردن فرآیند تثبیت سازی، تنظیم مقدار هیدروژن سولفید و فشار بخار رید Reid Vapor Pressure (RVP) به مخزن تولید یا On-spec و گاز تولیدی نیز به ساکشن درام فشرده‌سازی مرحله ۱

سیال تأمین شده از چاه‌ها از طریق خطوط جریان زیرزمینی ۸ اینچی در CPF جمع‌آوری می‌شوند. این خطوط در ناحیه ۱۱۰۰ به دو هدر ۱۶ اینچی و ۱ هدر ۸ اینچی منتهی می‌شوند. هدر ۸ اینچی به منظور هدایت سیال هرکدام از چاه‌ها به صورت جداگانه به سمت دستگاه Multi Phase Flow Meter (MPFM) سنسجس هم‌زمان نفت، گاز و آب، با هدف اندازه‌گیری پارامترهای مختلف یک چاه (میزان آب، میزان گاز، میزان نفت، تراکم) در نظر گرفته شده است. سپس سیال به سمت تست سپریتور در این ناحیه جریان می‌یابد که گاز جداسازی شده به سمت سیستم فلر فشار بالا و آب‌روغنی جداسازی شده به سیستم تصفیه فاضلاب صنعتی هدایت می‌گردد. دو هدر ۱۶ اینچی نیز به منظور هدایت سیال به‌ردیف های نفتی ۱ و ۲

کم‌فشار از بالای ستون تثبیت‌کننده و گاز فلاش شده از واحد آبگیری در کمپرسور گاز مرحله ۱ (ناحیه ۱۵۰۰) فشرده می‌شوند. هر مرحله فشرده‌سازی از مکش درام KO، کمپرسور گریز از مرکز و خنک‌کننده هوا تشکیل شده است. هر کمپرسور دارای یک سیستم کنترل ضد ولتاژ برای جلوگیری از وضعیت افزایش جریان است. همچنین برای هر کمپرسور به‌منظور کنترل فشار یک خط بای پس مستقل در نظر گرفته شده است.

هدایت می‌شود. در صورتی که مشخصات نفت خام (نمک، آب و رسوبات پایه، هیدروژن سولفید و RVP) در نواحی ۱۲۰۱ و ۱۲۰۲ از میزان شاخص انحراف داشته باشد، به سمت مخزن ذخیره - Off Spec هدایت می‌گردد که جهت تصفیه مجدد توسط پمپ‌های مخزن Off-Spec به ناحیه‌های ۱۲۰۱ و ۱۲۰۲ (ورودی جداکننده مرحله دوم) برگشت داده شود. نهایتاً نفت خام تولیدی با مشخصات مطلوب، به‌وسیله پمپ‌های واقع در ناحیه ۱۳۰۰ (پمپ‌های بوستر و پمپ‌های ترانسفر) و پس از عبور از پکیج میتترینگ، وارد خطوط جریان صادرات می‌شود. در بخش گازی نیز مطابق با شکل ۳، گاز



شکل ۳. فلوی‌گرام جریان گاز

ادامه مراحل مطالعه حاضر بر اساس شکل ۴ صورت پذیرفت.



شکل ۴. مراحل انجام مطالعه

گروه پیش مطالعه قرار گرفت. بیشترین زمان حضور در سایت حدود ۹ ساعت در نوبت‌کاری ۱۲ ساعته مربوط به کارکنان ایمنی بود، بنابراین این گروه به‌منظور تعیین حداکثر دوز دریافتی صدا انتخاب شدند. جهت انجام دوزیمتری از یک دستگاه CEL-360 استفاده شد که قابلیت اندازه‌گیری (% Dose و Leq) را دارا است. با توجه به استاندارد دوز دریافتی، اگر فردی دارای مواجهه مجاز باشد درصد دوز دریافتی آن کمتر یا مساوی ۱۰۰ خواهد بود. رابطه دوز دریافتی با توجه به استاندارد رایج در ایران به شکل زیر بیان می‌شود (۱۷):

با توجه به شواهد عینی مبنی بر بالا بودن تراز فشار صوت در نواحی فوق‌الذکر به دلیل وجود منابع مختلف سروصدا، ابتدا مدت‌زمان مواجهه گروه‌های شغلی عملیاتی مطابق با جدول ۵ شامل کارکنان ایمنی، اپراتورهای بهره‌بردار و تکنسین‌های تعمیرات بر اساس شرح وظایف شغلی و کسب اطلاع از مدیران هر واحد مشخص گردید. با توجه به نزدیک بودن میانگین سنی گروه‌های شغلی (بین ۳۱ تا ۳۲/۹ سال) از تأثیر سن بر میزان شنوایی صرف‌نظر گردید و بیشترین میزان میانگین حضور در نواحی عملیاتی مبنای تعیین

رابطه ۱: درصد دوز دریافتی (۱۶)

$$Dose(\%) = 12.5 \sum_{i=0}^n ti \times anti \log [SPLi - 85/10]$$

که در این رابطه:

ti: مدت زمان مواجهه با صدا (ساعت)

SPLi: تراز فشار صوت در ti (دسی‌بل)

اندازه‌گیری میزان صدای محیطی: پس از اطمینان از بالا بودن میزان تراز فشار صوت در نواحی فرآیندی، به‌منظور سنجش دقیق میزان صدای محیطی به روش شبکه‌ای منظم و بر اساس ISO 9612-2009 (E) در شبکه وزنی A، مرکز هر ایستگاه به‌وسیله ترازسنج صوت Casella CEL مدل ۴۵۰ اندازه‌گیری گردید. لازم به ذکر است به‌منظور اطمینان از عملکرد صحیح دستگاه از کالیبراتور CEL 110/1 استفاده شد. در هر ایستگاه مقادیر کمینه، بیشینه و میانگین تراز فشار صوت بر روی نقشه ناحیه بندی صوتی تهیه‌شده برای هر ناحیه ثبت گردید. سپس محدوده‌های سه‌گانه ایمن، احتیاط و خطر، تعداد و درصد ایستگاه‌های قرارگرفته در هر محدوده برآورد شد. در حین اندازه‌گیری به‌منظور ثبت دقیق اطلاعات، میکروفن دستگاه در ارتفاع شنوایی کارکنان قرار داده شد و برای حذف اثرات ناشی از جریان هوا از محافظ اسفنجی استفاده گردید (۱۶، ۲۵).

شاخص اولویت‌بندی کنترل صدا (NCPI): به‌منظور تعیین اولویت‌بندی نواحی برای کنترل میزان صدا در محدوده عملیاتی سایت، مطابق با الگوی استفاده‌شده در مطالعه گل محمدی و همکاران (۱۵) و عسکری و همکاران (۱۶)، علاوه بر نتایج اندازه‌گیری میزان صدای محیطی، تعداد کارکنان دارای مواجهه و مدت‌زمان مواجهه آن‌ها به‌عنوان عوامل تأثیرگذار مشخص و از رابطه ۲ استفاده شد که در این رابطه به‌منظور مقایسه بهتر نتایج، عدد ۱۰۰ در صورت و مخرج رابطه ضرب گردید. بعد از محاسبه شاخص نواحی و اولویت اقدامات اصلاحی، از نرم‌افزارهای Surfer 21 و AutoCAD v 2020 جهت تهیه نقشه ایزوسونیک سایت استفاده شد. در بخش‌های دارای اولویت اول، ایستگاه‌هایی که تراز فشار صوت آن بیش از ۸۵ دسی‌بل ثبت گردیده بود و محل‌های توقف کارکنان و همچنین مکان‌های دارای بیشترین تردد، آنالیز فرکانس صوت در شبکه C انجام شد (۱۶، ۱۵).

رابطه ۲: شاخص اولویت‌بندی کنترل صدا

$$NCPI = 100 \times \frac{\sum_{i=1}^n wi pi ti}{\sum PT}$$

که در این رابطه:

wi: عامل وزنی متناظر با فشار صوت

pi: تعداد افراد در معرض، مستقر در نواحی با محدوده‌های موردنظر

از تراز صوت

ti: زمان مواجهه افراد (ساعت)

P: مجموع تعداد افراد

T: مجموع زمان‌های مواجهه

یافته‌ها

تعداد ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد که ۵۸/۱۴ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه غیرعملیاتی و ۴۱/۸۶ درصد از مساحت کل مجموعه شامل محدوده عملیاتی است (شکل ۱).

مطابق با جدول ۱ نتایج مربوط به دوزیمتری در دو نوبت‌کاری متوالی ۱۲ ساعته نشان داد که میزان دوز دریافتی ۸ ساعته در محدوده عملیاتی، توسط گروه پیش مطالعه (کارکنان ایمنی) ۶ تا ۶/۵ برابر بیشتر از حد مجاز می‌باشد.

صدای محیطی مجموعاً در ۴۳۸۶ ایستگاه موردسنجش قرار گرفت که در بخش عملیاتی ۲۵۵۰ ایستگاه و در بخش‌های غیرعملیاتی سایت ۱۸۳۶ ایستگاه را شامل می‌گردد. در هر ایستگاه حداقل تراز فشار صوت LAS min، حداکثر تراز فشار صوت LAS Max و میانگین تراز فشار صوت LAS ثبت گردید که مقادیر در جدول ۴ آورده شده است. به‌منظور محاسبه درصد و مدت زمان تقریبی حضور کارکنان در محدوده خطر، شرح وظایف شغلی روزانه در نواحی تحت بررسی از طریق مصاحبه از کارکنان مورد استفاده قرار گرفت. لازم به ذکر است که ۱۶۵ ایستگاه شامل مکان‌هایی مانند ساختمان‌های اداری، اتاق‌های کنترل، مخازن و سایر نقاط غیرقابل‌اندازه‌گیری در نقطه کور بود.

جدول ۱. نتایج دوزیمتری

نمونه	تراز معادل صوت Leq (dBA)	درصد دوز ۱۲ ساعته	درصد دوز ۸ ساعته	مقایسه با استاندارد
۱	۹۰/۳	۹۰۴/۲	۶۰۲/۸	بیش از حد مجاز
۲	۹۰	۹۷۹/۵	۶۵۳	بیش از حد مجاز

جدول ۲. فاکتور وزنی بر مبنای اثر دوز و قاعده ۳ دسی بل (۱۶)

فاکتور وزنی w_i	گستره تراز فشار صوت dB (A)		فاکتور وزنی w_i	گستره تراز فشار صوت dB (A)	
	حد بالا	حد پایین		حد بالا	حد پایین
۲	۸۹/۵	۸۶/۵	۰/۰۰۷۸	۶۵/۵	۶۲/۵
۴	۹۲/۵	۸۹/۵	۰/۰۱۵۶	۶۸/۵	۶۵/۵
۸	۹۵/۵	۹۲/۵	۰/۰۳۱۲	۷۱/۵	۶۸/۵
۱۶	۹۸/۵	۹۵/۵	۰/۰۶۲۵	۷۴/۵	۷۱/۵
۳۲	۱۰۱/۵	۹۸/۵	۰/۱۲۵	۷۷/۵	۷۴/۵
۶۴	۱۰۴/۵	۱۰۱/۵	۰/۲۵	۸۰/۵	۷۷/۵
۱۲۸	۱۰۷/۵	۱۰۴/۵	۰/۵	۸۳/۵	۸۰/۵
۲۵۶	۱۱۰/۵	۱۰۷/۵	۱	۸۶/۵	۸۳/۵

جدول ۳. فراوانی ایستگاه های اندازه گیری در محدوده های احتیاط و خطر

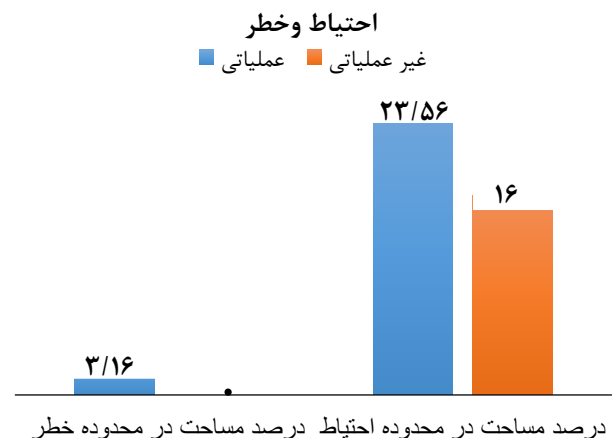
تعداد کارکنان یک شیفت کاری (نفر)	ایستگاه های اندازه گیری						موقعیت
	SPL ≥ 85dBA			65 ≤ SPL < 85dBA			
	درصد	تعداد	مساحت (m ²)	درصد	تعداد	مساحت (m ²)	
۱۲۰	۳/۱۶	۸۳	۸۲۳۳	۲۳/۵۶	۶۱۳	۶۱۲۶۵	محدوده عملیاتی
۸۵	۰	۰	۱۱۰۸۶۴	۱۶	۲۱۲	۲۱۱۱۸	محدوده غیر عملیاتی

جدول ۴. نتایج سنجش تراز فشار صوت

موقعیت	تراز فشار صوت dB (A)		انحراف معیار نتایج
	حداکثر	حداقل	
محدوده عملیاتی	۶۰/۸	۱۰/۱	۶/۷۵
محدوده غیرعملیاتی	۵۲/۵	۷۴/۳	۷/۰۸

درصد مساحت های واقع در محدوده های خطر و احتیاط از نظر میزان تراز فشار صوت در نمودار ۱ نشان داده شده است. همچنین نتایج ذکر شده در جدول ۴ نشان می دهد که حداقل و حداکثر تراز فشار صوت ثبت شده در محدوده عملیاتی ۶۰/۸ و ۱۰/۱ دسی بل است. این مقادیر برای محدوده غیرعملیاتی به ترتیب ۵۲/۵ و ۷۴/۳ دسی بل است. با توجه به اینکه در این مطالعه فلرها در محدوده غیرعملیاتی سایت واقع شده اند و ۱۶ درصد ذکر شده مربوط به بازه احتیاطی مواجهه با سروصدا مربوط به این ناحیه است و با در نظر گرفتن عدم حضور کارکنان در این ناحیه عملاً ۸۴ درصد محدوده غیرعملیاتی دارای تراز فشار صوت کمتر از ۶۵ دسی بل بوده و در محدوده ایمن مواجهه قرار دارند. بنابراین جهت الویت بندی گروه های شغلی دارای مواجهه با صدا کارکنان عملیاتی شامل گروه های شغلی ایمنی، بهره برداری و تعمیرات مورد بررسی قرار گرفتند.

مطابق با جدول ۳ تعداد ۶۱۳ ایستگاه برابر با ۲۳/۵۶ درصد از ایستگاه های اندازه گیری شده در محدوده عملیاتی دارای تراز فشار صوت بین ۶۵ تا ۸۵ دسی بل و ۸۳ ایستگاه معادل ۳/۱۶ درصد از مساحت دارای تراز فشار صوت بیش از ۸۵ دسی بل می باشند. همچنین مقادیر ثبت شده برای محدوده غیرعملیاتی نشان می دهد که ۲۱۲ ایستگاه برابر با ۱۶ درصد مساحت دارای تراز فشار صوت بین ۶۵ تا ۸۵ دسی بل و صفر تعداد ایستگاه برای ترازهای بالاتر از ۸۵ دسی بل ثبت گردید.

نمودار ۱: درصد مساحت واقع در محدوده های


جدول ۵. محاسبه NCPI در ناحیه عملیاتی

واحد تحت بررسی	گروه شغلی	تعداد افراد	میانگین سنی گروه شغلی (سال)	انحراف معیار سن	زمان مواجهه (ساعت)	تراز معادل صوت dB (A)	فاکتور وزنی بر اساس جدول ۲	$\sum_{i=1}^n w_i p_i t_i$	$\sum PT$	NCPI
ایمنی	۷	۳۱/۸۴	۶/۰۹	۹/۵	۷۷/۰۰	۰/۲۵	۰/۹۳۶	۱/۵۴		
بهره‌بردار	۹	۳۲/۲۲	۶/۱۳	۹	۷۵/۶۸	۰/۱۲۵	۰/۸۷۴	۱۰/۷۸	۰/۹۳	
تعمیرات	۲۸	۳۳/۹۴	۵/۴	۶	۷۴/۳۸	۰/۰۶۲۵	۳/۷۴۴	۰/۹۷		

اولویت‌بندی اقدامات کنترل صدای محاسبه‌شده برای این گروه‌ها به ترتیب ۱/۵۴، ۰/۹۳ و ۰/۹۷ است.

نتایج جدول ۵ نشان می‌دهد که تعداد کارکنان دارای مواجهه در یک نوبت کاری ۱۲ ساعته برای گروه‌های شغلی ایمنی، بهره‌بردار و تعمیرات به ترتیب ۷، ۹ و ۲۸ نفر می‌باشند که با میانگین مدت‌زمان مواجهه ۹/۵، ۹ و ۶ ساعت در سایت حضورداشته و شاخص



شکل ۵. نقشه ایزوسونیک سایت

جدول ۶. فهرست و موقعیت منابع آلودگی صوتی در محدوده عملیاتی (مطابق با شکل ۲)

نام تجهیز	تعداد (دستگاه)	فشار عملیاتی (barg)	موقعیت استقرار	نام تجهیز	تعداد (دستگاه)	فشار عملیاتی (barg)	موقعیت استقرار
Desalter feed PU (Pump)	۲	۶/۹	۱۲۰۱	Desalter feed PU	۲	۶/۹	۱۲۰۲
Air fan cooler	۱	۳	۱۲۰۱	Air fan cooler	۱	۳	۱۲۰۲
Recycle PU	۲	۱۷/۵	۱۲۰۱	Recycle PU	۲	۱۷/۵	۱۲۰۲
Booster PU	۳	۴/۵	۱۳۰۰	Oil PU	۳	۷	۳۵۰۰
Transfer PU	۳	۷/۵	۱۳۰۰	Dilution PU	۳	۱۸	۲۹۰۰
Off spec PU	۲	۱۱	۱۳۰۰	Vacuum PU	۲	۰/۹	۲۹۰۰
Air compressor	۱	۱۱	۲۴۰۰	Heat medium PU	۳	۱۰	۳۴۰۰
Fire water PU	۵	۵	۲۷۰۰	Close drain PU	۲	۱۳	۳۱۰۰
Filter feed PU	۲	۵	۳۰۰۰	Flare	-	-	۲۶۰۰
Pipe rack	-	۱۴	۱۲۰۱	Pipe rack	-	۱۴	۱۲۰۲

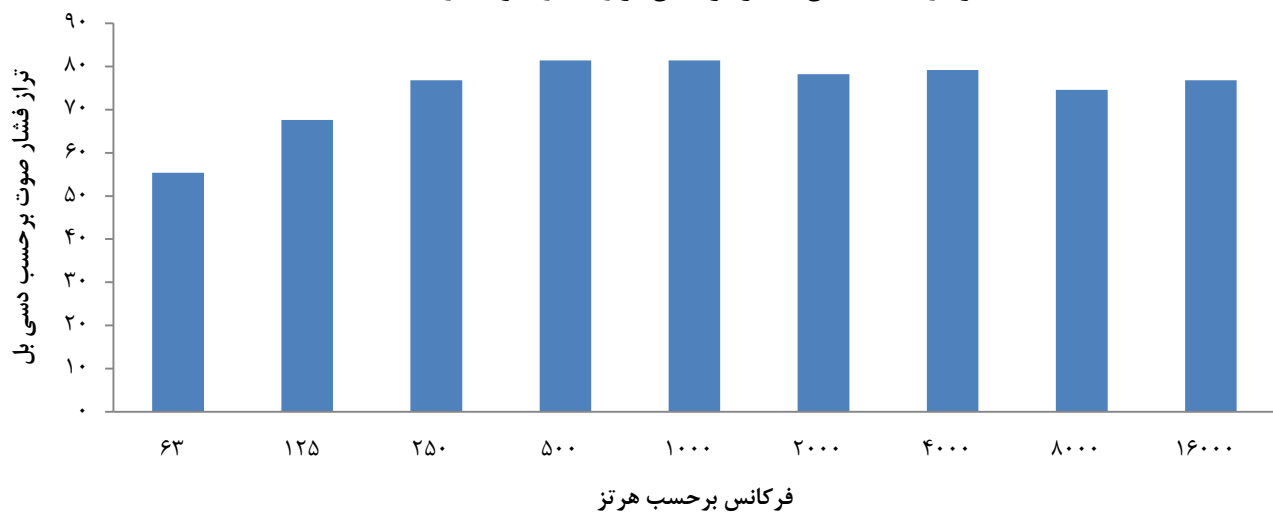
قرار دارند، لذا این تجهیزات با در نظر گرفتن تراکم حضور کارکنان در این نواحی به عنوان منابع اصلی آلودگی صوتی در محدوده عملیاتی شناسایی گردیدند.

مطابق با نقشه ایزوسونیک تهیه شده (شکل ۵ و جدول ۶) نشان می‌دهد که به ترتیب کمپرسورهای هوا در ناحیه ۲۴۰۰، حرکت سیال در خطوط انتقال و پمپ‌ها تغذیه‌کننده واحد نمک‌زدایی دارای تراز فشار صوت بیشتر از ۸۵ دسی‌بل می‌باشند و در محدوده خطر

جدول ۷. آنالیز فرکانس صوت در ایستگاه‌های دارای تراز فشار صوت بیشتر از ۸۵ دسی‌بل

فرکانس اکتاو باند (Hz)									SPL dB(A)	SPL dB(C)	موقعیت	تجهیز
۶۳	۱۲۵	۲۵۰	۵۰۰	۱۰۰۰	۲۰۰۰	۴۰۰۰	۸۰۰۰	۱۶۰۰۰				
۶۹	۷۱	۸۶	۹۰	۹۵	۹۲	۸۳	۷۳	۶۸	۱۰۲	۱۰۱	۲۴۰۰	Air compressor
۷۹	۷۸	۸۳	۷۹	۷۸	۷۸	۷۶	۶۴	۵۳	۸۵/۱	۸۴/۴	۱۲۰۲-۱۲۰۱	Desalter feed PU
۸۱	۷۶	۷۸	۷۴	۷۸	۷۹	۷۵	۶۸	۵۱	۸۶/۳	۸۷/۶	۳۴۰۰	Heat medium PU
۷۷	۷۴	۷۶	۷۳	۷۵	۷۶	۷۴	۶۵	۵۲	۸۵/۴	۸۴/۱	۳۵۰۰	Oil PU
۷۸	۷۴	۷۳	۷۵	۸۱	۸۲	۷۶	۶۸	۵۳	۸۶/۱	۸۷/۸	۱۲۰۲-۱۲۰۱	Pipe rack
۷۶/۸	۷۴/۶	۷۹/۲	۷۸/۲	۸۱/۴	۸۱/۴	۷۶/۸	۶۷/۶	۵۵/۴	۸۸/۹۸	۸۸/۹۸		میانگین

نمودار ۲. میانگین آنالیز فرکانس تراز فشار صوت در شبکه C



از شنوایی و پایش سطح شنوایی عنوان گردیده است که همسو با نتایج مطالعه حاضر جایگاه صدا سنجی در پیاده‌سازی و اثربخشی برنامه حفاظت شنوایی را مشخص می‌کند (۲۶). همچنین نتایج مطالعه انجام‌شده همسو با نتایج مطالعه گل محمدی و همکاران (۱۰)، عسکری و همکاران (۱۶) و نیز نصیری و همکاران (۱) نشان می‌دهد که می‌توان با استفاده از فاکتورهای تأثیرگذار شامل مدت‌زمان مواجهه، تراز فشار صوت و تعداد افراد دارای مواجهه، برای الویت بندی کنترل صدا الگوی مناسبی ارائه داد. در مطالعه حاضر نواحی ۲۴۰۰، ۱۲۰۱ و ۱۲۰۲ به عنوان الویت اول جهت اقدامات

به‌منظور بررسی بیشتر در ایستگاه‌های دارای تراز فشار صوت بیش‌تر از ۸۵ دسی‌بل آنالیز فرکانس صوت در شبکه C انجام پذیرفت که نتایج این بررسی مطابق با جدول ۷ و نمودار ۲ نشان می‌دهد که کمترین تراز فشار صوت در فرکانس ۶۳ هرتز و برابر با ۵۱/۴ دسی‌بل و بیشترین تراز فشار صوت در فرکانس‌های ۵۰۰ و ۱۰۰۰ هرتز و برابر با ۸۱/۴ دسی‌بل است.

بحث

در خصوص تعیین عناصر مهم در برنامه حفاظت شنوایی ۵ مرحله شامل صدا سنجی، کنترل‌های مدیریتی و مهندسی، آموزش، حفاظت

با توجه به اینکه مطالعه حاضر بصورت میدانی و با نمونه برداری از تمام موقعیت‌های عملیاتی در سایت مورد بررسی انجام شده است، بدون کوچک کردن دامنه مطالعه، پروفایل دقیقی از توزیع تراز فشار صوت در موقعیت را بدست می‌دهد که منجر می‌شود به نتایج و تحلیل آن‌ها اعتماد بیشتری نمود همچنین شناسایی پتانسیل شاخص NCPI جهت اولویت بندی گرو‌هایی شغلی در معرض آلودگی صوت علاوه بر هدف اصلی شاخص مهمترین محدودیت این مطالعه عدم امکان شنوایی سنجی جهت تطابق نتایج حاصل از مطالعه و بررسی آستانه شنوایی در میان گروه‌های شغلی در معرض آلودگی صوتی باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله، حمایت‌های مادی و معنوی مدیریت محترم پروژه شرکت اویکو جناب آقای مهندس احسان پورولی، مدیریت محترم سایت جناب آقای مهندس کریم هرمزی و دکتر افشار نعمتی در میدان نفتی سروک آذر را ارج می‌نهند.

ملاحظات اخلاقی

این مطالعه با لحاظ نمودن کلیه جوانب اخلاقی موفق به دریافت کد اخلاق و گواهی تأیید اصالت مقاله از کمیته علمی پژوهشی شرکت راه اندازی و بهره برداری صنایع نفت به شماره OICO/4686/C شد.

تضاد منافع

در این مطالعه هیچ‌گونه تعارض منافع وجود ندارد.

منابع مالی

از سوی نویسندگان گزارشی مبنی بر وضعیت منابع مالی اعلام نشده است.

نقش نویسندگان

طراحی ایده، تهیه نسخه خطی اصلی، اندازه گیری میزان نویز در محل کار و تحلیل داده‌ها توسط نویسنده اول انجام شد، نظارت و مشاوره صنعتی توسط نویسنده دوم، کمک به جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز، تأمین تجهیزات مورد نیاز، ترجمه منابع توسط نویسندگان دوم و سوم انجام شد. نظارت علمی بر کلیه مراحل اجرا، تصحیح فرضیات و اصلاحات علمی توسط نویسنده مسئول صورت گرفت.

کنترلی به علت استقرار کمپرسورهای هوا، پمپ‌های تغذیه‌کننده واحد نمک‌زدایی و صدای ناشی از حرکت سیال مشخص گردید. مطالعات انجام‌شده اقدامات مهندسی (حذف و جایگزینی، محصورسازی و استفاده از مانع صوتی) در منابع اصلی آلودگی و سپس کنترل‌های اداری و مدیریتی مانند پیاده‌سازی برنامه حفاظت شنوایی جهت کنترل آلودگی صوتی را در اولویت قرار می‌دهند (۱۰، ۱۳، ۱۴، ۲۰، ۲۳، ۲۵). لذا با توجه به نتیجه بررسی فرآیند تولید در نواحی ۱۲۰۱ و ۱۲۰۲ با استفاده از عایق‌های صوتی قابل‌انعطاف و رول پذیر (مانند پشم سنگ یا انواع فوم‌های پایه شیمیایی با آستر نسوز) که در مقایسه با نتایج آنالیز فرکانس صوت (جدول ۷) ضریب جذب صوتی مؤثری را دارا می‌باشند، می‌توان با ایزوله کردن خطوط انتقال سیال به‌طور قابل‌توجهی تراز فشار صوت در ناحیه مذکور را کنترل نمود (۱۶، ۲۷). همچنین مقایسه نتایج این مطالعه با مطالعه انجام‌شده در میدان نفتی آزادگان شمالی توسط عسکری و همکاران (۱۶) به علت مشابهت طراحی هردو میدان می‌توان استفاده از عایق‌های صوتی بدون تأثیر بر دمای سیال عبوری را برای کاهش سروصدای ناشی از حرکت سیال به‌عنوان اقدام کنترلی مهندسی پیشنهاد نمود. از طرفی در صورت عدم امکان اجرای اقدامات مهندسی برای تصمیم‌گیرندگان، جهت حفظ سلامت کارکنان می‌توان به استناد مطالعات انجام‌گرفته در خصوص کارایی استفاده از وسایل حفاظت فردی (۲۲، ۲۴، ۲۷، ۲۸) با انتخاب وسایل حفاظت شنوایی (گوشی و ایرپلاگ) دارای ضریب کاهش صدا (NRR) Noise Reduction Rate متناسب با نتایج حاصل از آنالیز فرکانس صوت (نمودار ۲)، برای گروه‌های شغلی دارای مواجهه، تأثیر بسزایی بر کارایی برنامه حفاظت شنوایی در کنار دیگر عناصر کلیدی دیگر مانند آموزش داشت.

نتیجه‌گیری

به طور کلی، با استفاده از شاخص به کارگیری‌شده در این مطالعه می‌توان نواحی سه‌گانه ایمن، احتیاط و خطر در مناطق دارای منبع آلودگی صوتی، اصلی‌ترین منابع را جهت اقدامات مهندسی شناسایی نمود. همچنین در صورت عدم دسترسی به نتایج یا عدم امکان شنوایی‌سنجی، گروه‌های شغلی دارای مواجهه با سروصدا و نیازمند مراقبت را در محیط کار مشخص و الویت بندی کرد.

References

1. ASKARI A, Golmohammadi R, Alinia A, Honairi Haghighi A. Study of the impact of acoustic barrier on generator building noise reduction; case study: north Azadegan oilfield. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*. 43-50.
2. Kaliakatsos D, Mirabelli G, Pizzuti T. Noise risk assessment in the workplace: The case of a waste selection plant. *Noise & Vibration Worldwide*. 2015;46(5):8-17.
3. Sravani PAPM, Sowmya MAK, Manasa PNSG. Noise Pollution and Its Impact on Human Health and Social Behavior using Systems Approach-A Case Study in Kurnool City. order. 2016;8(7).
4. Monazzam Esmailpour MR, Laal F, Majlessi F, Fallah Madvari R, Rahimi Foroushani A, Fallah Madvari A. Investigating the effect of increasing duration time of using the protective device on hearing loss among tile industry workers: Application of the BASNEF education model. *Health and Safety at Work*. 2017;7(4):319-28.
5. Bahramzadeh A, Monazami -Tehrani G, Nateghinia S, Akbari Dilmaghani N. Evaluation of Noise, Light and Burnout in the Intensive Care unit of Neurosurgery, Loghman Hakim Hospital. *Irteqā-yi ĩminī va pīshgīrī az mašdūmiyat/ha*. 2021;9(3):189 - 3.
6. Tak S, Davis RR, Calvert GM. Exposure to hazardous workplace noise and use of hearing protection devices among US workers—NHANES, 1999–2004. *American journal of industrial medicine*. 2009;52(5):358-71.
7. Gomes J, Lloyd O, Norman N. The health of the workers in a rapidly developing country: effects of occupational exposure to noise and heat. *Occupational medicine*. 2002;52(3):121-8.
8. Danaei G, Farzadfar F, Kelishadi R, Rashidian A, Rouhani OM, Ahmadnia S, et al. Iran in transition. *The Lancet*. 2019;393(10184):1984-2005.
9. Münzel T, Schmidt FP, Steven S, Herzog J, Daiber A, Sørensen M. Environmental noise and the cardiovascular system. *Journal of the American College of Cardiology*. 2018;71(6):688-97.
10. Forouharmajd F, Nassiri P, Monazzam MR. Noise pollution of air compressor and its noise reduction procedures by using an enclosure. *International Journal of Environmental Health Engineering*. 2012;1(1):20.
11. Zare M, Nasiri P, Shahtaheri S, Golbabaei F, Aghamolaei T. Noise pollution and hearing loss in one of the oil industries. *Hormozgan Medical Journal*. 2007;11(2):121-6.
12. Valentin O, John SM, Laville F. Using auditory steady-state responses for measuring hearing protector attenuation. *Noise & Health*. 2017;19(86):1.
13. Madvari RF, Dehghan SF, Bidel H, Laal F, Halvani G, Kordmiri HM, et al. Relationship Between Noise Annoyance and Job Burnout Among Exposed Worker to Noise Pollution: A Case Study in Ceramic Industry. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2019;7(3).
14. Babamiri M, Moatamedzadeh M, Golmohammadi R, Farhadian M, Derakhshan J. The Role of individual susceptibility to the effects of low frequency noise on cognitive Performances. *Journal of Safety Promotion and Injury Prevention*. 2018;6(4).
15. Golmohammadi R, Moazaz F, Aliabadi M. The noise control prioritizing index in a tire manufacturing company. *Journal of Occupational Hygiene Engineering*. 2017;4(3):41-8.
16. Askari A, Abadi ASS, Alinia A, Pourjaafar M, Haghighi AH, Pirposhteh EA. Prioritizing and Providing Sound Pollution Control Strategies at the CPF of North Azadegan Oilfield Project.
17. Yeend I, Beach EF, Sharma M. Working memory and extended high-frequency hearing in adults: Diagnostic predictors of speech-in-noise perception. *Ear and Hearing*. 2019;40(3):458-67.
18. Ghanbari M, Yartire H, Ashtarian H, Salimi K, Pourman D, Mostafaei L. A study of sound pressure level, frequency analysis and sound spectrum levels calculation in crepnaz factories of kermanshah city (2014). 2015.
19. Golmohammadi R, Aliabadi M, Azimi N. Designing an Enclosure in Order to Control the Equipment Noise in Screw Manufacturing Industry. *Journal of Health*. 2019;10(1):83-95.
20. Pimenta AdS, Teixeira CF, Silva VMd, Almeida BdGPd, Lima MLLTd. Logical operating model of the hearing conservation program for workers. *Revista CEFAC*. 2019;21.
21. Rabinowitz P, Cantley LF, Galusha D, Trufan S, Swersey A, Dixon-Ernst C, et al. Assessing hearing conservation program effectiveness. *Journal of*

Occupational and Environmental Medicine. 2018;60(1):29-35.

22. Muhr P, Johnson A-C, Skoog B, Rosenhall U. A demonstrated positive effect of a hearing conservation program in the Swedish armed forces. *International Journal of Audiology*. 2016;55(3):168-72.

23. Muhr P, Rosenhall U. The influence of military service on auditory health and the efficacy of a Hearing Conservation Program. *Noise and Health*. 2011;13(53):320.

24. Prince MM, Colligan MJ, Stephenson CM, Bischoff B. The contribution of focus groups in the evaluation of hearing conservation program (HCP) effectiveness. *Journal of safety research*. 2004;35(1):91-106.

25. Hassanvand D, Zare S, Ghotbi-Ravandi MR. Noise assessment and sound map projection using Surfer and Noise At Work tools in a tire manufacturing complex in Iran, 2018. *Journal of Occupational Health and Epidemiology*. 2019;8(2):109-17.

26. Royster LH. IMPORTANT ELEMENTS AND CHARACTERISTICS OF HEARING CONSERVATION PROGRAMS AND DETERMINATION OF THEIR EFFECTIVENESS. *Environment International*. 1990;16:339-52.

27. Royster LH, Royster JD, Cecich TF. An evaluation of the effectiveness of three hearing protection devices at an industrial facility with a TWA of 107 dB. *The Journal of the Acoustical Society of America*. 1984;76(2):485-97.

28. Arezes PM, Miguel AS. Assessing the use of hearing protection in industrial settings: A comparison between methods. *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2013;43(6):518-25.