Assessment and management of occupational hazards in water transfer tunnel project in the west of the country using hazards and effects management process

Reza Farahi[1], **Shokooh Sadat Khaloo**[1,2*], **Reza Saeedi**[1,2], **Reza Gholamnia**[1,2]

1- Department of Health, Safety and Environment, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

2- Workplace Health Promotion Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Abstract

Background and Aims: Digging and tunneling projects are among the most risky projects due to differences in project implementation conditions and insufficient knowledge of the geological situation of the region. Evaluation and management of occupational hazards in these projects are necessary in order to protect the health of the workforce and to preserve the financial resources of the organization.

Materials and Methods: In this study, the Hazards and Effects Management Process was used to identify, evaluate and control occupational hazards in the water transmission tunnel project in west of Iran in 2018. After identifying the risks of each place and occupation, the ranking of risk levels was performed and corrective measures were taken based on the Hazards and Effects Management Process and then secondary risk assessment was carried out. Ethical considerations were taken into account at all stages.

Results: The tunnel sector with 46% and the office sector with 5% had the highest and lowest occupational hazards, respectively. The general lighting of all stations was less than the standard value with the initial average lighting of 24.5 lux, which was upgraded to 58 lux. Respirable particles in two stations in the first stage were 18.5 and 11.02 mg/m^3, which improved to 4.37 and 0.63 mg/m^3, respectively. The highest improvements with 39%, 27% and 25% were related to the control indicators of lighting, noise, and chemical factors, respectively.

Conclusion: The results showed that the most dangerous place in the whole project was the tunnel unit and the most important occupational risk factor was H_2S, followed by the noise of the work environment. The results of control indicators showed that the proposed method for managing occupational health risks in the project had an acceptable efficiency and led to proper identification of risks, classification and prioritization of risks and control measures and thus optimal spending of the control budget.

Keywords: Occupational hazards, Workplace detrimental factors, Tunnel, Hazards and Effects Management Process, HEMP

Please Cite this article as: Farahi R, Khaloo Sh, Saeedi R, Gholamnia R. Assessment and management of occupational hazards in the water transfer tunnel project in the west of the country by using hazards and effects management process. Journal of Health in the Field 2022; 10(1):1-13.

Corresponding Author: Associate Professor, Department of Health, Safety and Environment, School of Public Health and Safety, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran

Email: sh_khaloo@sbmu.ac.ir

DOI: https://doi.org/10.22037/jhf.v10i1.37345

Received: 10 January 2022

Accepted: 20 July 2022

مقاله پژوهشی

فصلنامه بهداشت در عرصه
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- دانشکده بهداشت و ایمنی
دوره ۱۰ شماره۱، بهار ۱۴۰۱، صفحات ۱ تا ۱۳

ارزیابی و مدیریت مخاطرات شغلی در پروژه تونل انتقال آب در غرب کشور به روش فرایند مدیریت مخاطرات و پیامدها

رضا فرحی[۱]، شکوه السادات خالو[۱،۲*]، رضا سعیدی[۱،۲]، رضا غلامنیا[۱،۲]

۱- گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده ایمنی و بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران
۲- مرکز تحقیقات ارتقاء سلامت محیط کار، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

زمینه و هدف: پروژه‌های حفاری و بهره‌برداری تونل به دلیل تفاوت در شرایط اجرای پروژه و شناخت ناکافی از وضعیت زمین‌شناسی منطقه، ازجمله پرمخاطره‌ترین پروژه‌ها به شمار می‌روند و ارزیابی و مدیریت مخاطرات شغلی در این پروژه‌ها در راستای صیانت از سلامت نیروی کار و حفظ منابع مالی سازمان، ضروریست.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه از فرایند مدیریت مخاطرات و پیامدها به منظور شناسایی، ارزیابی و کنترل مخاطرات شغلی در پروژه تونل انتقال آب در غرب کشور در سال ۱۳۹۸ استفاده شد. بعد از شناسایی مخاطرات هر مکان و شغل، رتبه‌بندی سطوح ریسک انجام و اقدام اصلاحی بر اساس روش فرایند مدیریت مخاطرات و پیامدها اجرایی و سپس ارزیابی ریسک ثانویه انجام‌شد. در تمامی مراحل ملاحظات اخلاقی مدنظر قرار گرفت.

یافته‌ها: بخش تونل با ۴۶٪ بیشترین و بخش اداری با ۵٪ کمترین مخاطرات شغلی را دارا هستند. روشنایی عمومی تمامی ایستگاه‌ها کمتر از مقدار استاندارد با متوسط روشنایی اولیه ۲۴/۵ لوکس بود که به ۵۸ لوکس ارتقا داده شد. ذرات قابل تنفس در دو ایستگاه در مرحله اول ۵/۱۸ و ۱۱/۰۲ میلی‌گرم بر مترمکعب بود که به ترتیب به ۴/۳۷ و ۰/۶۳ میلی‌گرم بر مترمکعب بهبود یافت. بیشترین بهبودی با ۳۹٪ ، ۲۷٪ و ۲۵٪ به ترتیب مربوط به شاخص‌های کنترل روشنایی، سروصدا و عوامل شیمیایی بود.

نتیجه‌گیری: نتایج پژوهش نشان داد که پرمخاطره‌ترین مکان در کل پروژه، واحد تونل و پراهمیت‌ترین عامل مخاطره‌آمیز شغلی، گاز H_2S و در جایگاه بعدی، صدای محیط کار بود. نتایج شاخص‌های کنترلی نشان داد که استفاده از روش ارائه شده به منظور مدیریت مخاطرات بهداشت شغلی در پروژه مورد نظر، کارایی قابل قبولی داشته و منجر به شناسایی مناسب ریسک‌ها، دسته‌بندی و اولویت‌بندی مخاطرات و اقدامات کنترلی و صرف بهینه بودجه کنترلی گشته است.

کلیدواژه‌ها: مخاطرات شغلی، عوامل زیان‌آور محیط کار، تونل، فرایند مدیریت مخاطرات و پیامدها، HEMP

***نویسنده مسئول:** دانشیار، گروه سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشکده ایمنی و بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.
Email: sh_khaloo@sbmu.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۲۰
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۱/۰۴/۲۹

مقدمه

امروزه تمامی مناطق جهان به‌ویژه ایران در راستای تحقق اهداف برنامه‌های توسعه‌ای خود به دلیل نقش حیاتی و جایگاه خاص آب در بخش‌های کشاورزی، تأمین انرژی و آب‌رسانی شهری اقدام به اجرای انواع طرح‌ها و پروژه‌های تأمین و انتقال آب می‌نمایند. با توجه به شرایط جغرافیایی کشور جهت دست‌یابی به این مهم، انجام عملیات حفاری زیرزمینی ضروری است [۱]. کار کردن در فضاهای زیرزمین در شرایط بدون روشنایی طبیعی، وجود واحدها، تجهیزات، دستگاه‌ها و مشاغل عملیاتی متفاوت و مواجهه افراد با مواد گوناگون ازجمله عواملی است که کارکنان مشاغل درگیر را تهدید می‌کند و چنانچه مدیریت این مخاطرات به‌درستی انجام گیرد، به‌طور قابل‌توجهی نگرانی‌ها را برطرف می‌کند [۲]. در یک دسته‌بندی کلی می‌توان عوامل زیان‌آور بهداشت شغلی را به پنج گروه عوامل زیان‌آور شیمیایی شامل: انواع آئروسل‌ها، گازها و بخارت، عوامل زیان‌آور بیولوژیکی شامل انواع بیوآئروسل‌ها، عوامل زیان‌آور فیزیکی شامل: صدا و ارتعاش، تنش‌های حرارتی محیط کار، روشنایی و انواع تشعشعات یونیزان و غیریونیزان عوامل زیان‌آور ارگونومی و عوامل زیان‌آور روانی تقسیم‌بندی نمود [۳]. با مدیریت ریسک‌های بهداشتی ناشی از مواجهه با عوامل زیان‌آور شغلی می‌توان ارزیابی جامعی از میزان مواجهه کارکنان با عوامل مخاطره‌آمیز بهداشتی داشت و در مورد پیش‌بینی اقدامات کنترلی برای حفاظت کارکنان در محیط کار تصمیم‌گیری نمود [۴].

مطابق با بررسی‌های به‌عمل‌آمده، تاکنون مطالعات متعددی در مورد ارزیابی مخاطرات بهداشتی در صنایع فرایندی و غیرفرایندی انجام شده‌اند؛ اما در اکثر آن‌ها از روش و چارچوبی منظم و اصولی جهت مدیریت کامل مخاطرات تا سطح کنترل و بازبینی مجدد پیروی نشده است؛ به‌عنوان‌مثال جهانگیری و همکاران در سال ۱۳۸۹ انواع مواد شیمیایی را ازنظر ریسک مواجهه، با استفاده از یک روش نیمه کمی برگرفته از مرکز ایمنی و بهداشت حرفه‌ای کشور سنگاپور اولویت‌بندی کردند [۵]. گلمحمدی و همکاران در سال ۹۶ در یک شرکت تایرسازی پس از اندازه‌گیری صدای محیط کار به این نتیجه رسیدند که با استفاده از روش تلفیقی پارامترهای تأثیرگذار بر آلودگی صدا می‌تواند روش مطمئنی را برای اولویت‌بندی کنترل صدا در واحدهای مختلف یک مجموعه صنعتی ارائه دهد [۶].

جهانگیری و همکاران در سال ۹۷ در مطالعه‌ای توصیفی-تحلیلی در ارتباط با مشاغل عملیاتی و اداری در یکی ازکارخانجات پتروشیمی کشور برای ارزیابی ریسک خطرات بهداشت شغلی از روش ارزیابی ریسک جامع مخاطرات بهداشت حرفه‌ای (Comprehensive Occupational Health Risk Assessment) استفاده کردند و با تعریف دو شاخص درجه مواجهه و درجه خطر برای نتایج اندازه‌گیری خطرات، ریسک خطرات بهداشت حرفه‌ای را ارزیابی نمودند [۷].

با توجه به اینکه محیط‌های کاری تنها محدود به یک نوع مخاطره نیست و کارکنان به‌صورت هم‌زمان در مواجهه با مجموعه‌ای از چند مخاطره ازجمله خطرات فیزیکی، شیمیایی، ارگونومی هستند، مدیریت بهداشت شغلی محیط کار، مستلزم شناسایی و ارزیابی تمامی خطرات بهداشتی در قالب یک برنامه معین است [۸]. روش فرایند مدیریت مخاطرات و پیامدها (HEMP: Hazard and Effect Management Process) یک روش ارزیابی عمیق از خطرات HSE در فعالیت‌های عملیاتی و تأسیسات است که مستلزم انجام اقدامات کاملاً مستند بوده تا خطرات را به کمترین حد قابل‌قبول عملی (ALARP) (As low As Reasonably Practicable) کاهش دهد [۹]. این روش اولین بار توسط کمپانی شل در سال ۱۹۹۷ میلادی معرفی گردید. شل فرایند مدیریت مخاطرات و پیامدها را به‌عنوان یک روش چهار مرحله‌ای توسعه داد. گام اول شناسایی مخاطرات است که ممکن است از یک ماده یا فعالیت ناشی شود. در گام دوم، با توجه به ماتریس ارزیابی ریسک، سطح هر مخاطره برای اثرات بالقوه آن ارزیابی می‌شود. در گام سوم اقدامات کنترلی برای تمامی سطوح ریسک پیشنهاد می‌گردد و آن دسته از اقداماتی که از نظر کنترل مخاطرات، فراوانی بیشتری را دارد، اجرایی می‌گردد. در گام چهارم با ارزیابی ریسک ثانویه تاثیر اقدامات اصلاحی در کنترل و بهبود شرایط ارزیابی می‌گردد [۱۰]. صامتی در سال ۱۳۹۴ به‌منظور مدیریت و ارزیابی ریسک در عملیات سیم‌بان شرکت‌های منطقه‌ای توزیع برق از روش HEMP استفاده نموده است [۱۱]. در سال ۲۰۰۷ آوانوسی

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

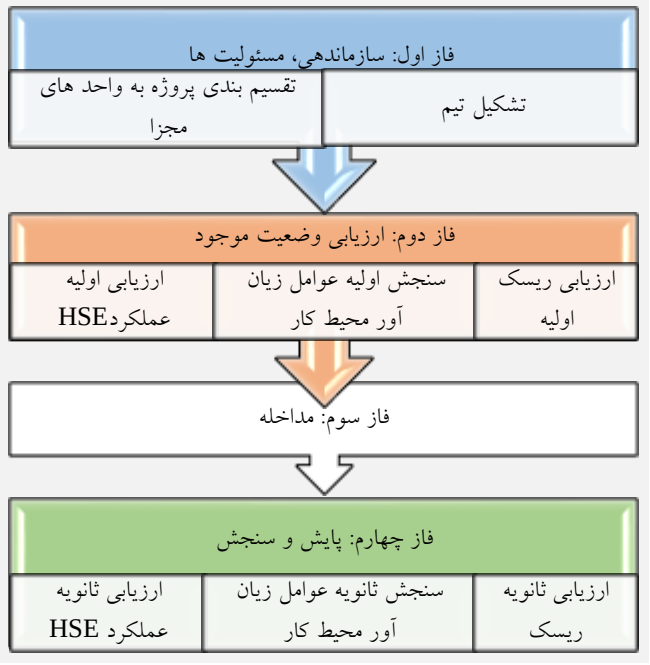
ضمن ارزیابی خطرات مرتبط با خطوط لوله انتقال فراورده‌های نفتی با استفاده از فرایند HEMP، کنترل‌های لازم برای حفاظت از خطوط لوله، مردم و محیط‌زیست را با توجه به واقعیت‌های موجود در کشور نیجریه ارائه نمود [۱۲]. کامات و دروپ در سال ۲۰۰۴ برای مدیریت مخاطرات در حوزه HSE در مرحله طراحی یک سایت بزرگ گاز مایع در ابوظبی از HEMP استفاده کردند [۱۳].

با توجه به ارزیابی مطالعات فوق و نتایج ناشی از آن‌ها و فقدان مطالعات جامع درزمینه مدیریت ریسک‌های شغلی در پروژه‌های تونل‌سازی از یک‌سو و گسترش این نوع عملیات در احداث مترو، تونل‌های انتقال آب و راه‌سازی از سوی دیگر به‌وضوح مشاهده می‌گردد که انجام این مطالعه جهت تبیین مخاطرات شغلی در پروژه احداث تونل ضروریست لذا، مطالعه حاضر باهدف ارزیابی مخاطرات شغلی در پروژه عملیاتی احداث تونل جهت انتقال آب در غرب کشور، برنامه‌ریزی گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی هدفمند و اصولی مخاطرات شغلی در پروژه احداث تونل انتقال آب در غرب کشور، روش ۴ مرحله‌ای که در شکل شماره ۱ نشان داده شده است، مورد استفاده قرار گرفت تا چارچوبی مناسب به برنامه مدیریت این مخاطرات داده شود و نقشه راه عملیاتی گردد. این مطالعه در قطعه دوم تونل نوسود واقع در شمال باختری استان کرمانشاه و در نزدیکی مرز ایران و عراق انجام گرفت. در ابتدا پروژه به ۸ واحد کوچک‌تر که ازنظر ویژگی‌های مکانی و یا عملکردی مشابه هستند ،تقسیم شد. واحدهای در نظر گرفته شده شامل واحد اداری، انبار، تأسیسات، تعمیرات، خوابگاه، تسهیلات (آبدارخانه، آشپزخانه، خدمات و سرویس‌های بهداشتی و حمام‌ها)، محوطه نقلیه و تونل می‌باشد که در شکل شماره ۲ نشان داده شده است.

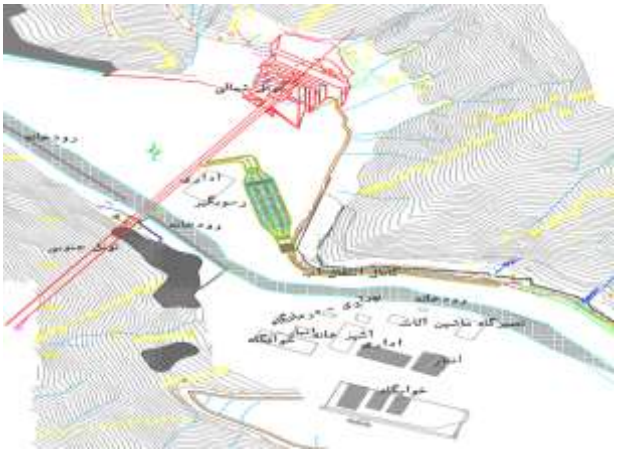
به‌منظور ارزیابی ریسک‌های کل پروژه، در ابتدا مخاطرات هر واحد شناسایی گردید. بدین منظور ابزارهای مشاهده، مصاحبه، بررسی ثبت حوادث در بایگانی پرونده‌ها و چک‌لیست پیشنهادی روش HEMP مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه، سطح ریسک هر مخاطره بر اساس پیامد و احتمال وقوع آن توسط ماتریس ارزیابی ریسک، رده‌بندی‌شده و ریسک‌های با سطوح بالا مشخص‌گردید. عمده مخاطرات بهداشت حرفه‌ای که در این پروژه شناسایی و مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت: صدا، روشنایی، میدان مغناطیسی، عوامل شیمیایی شامل ذرات قابل‌تنفس، گاز H_2S و ارزیابی ارگونومیکی بود؛ که پس از ارزیابی و دسته‌بندی، اقدامات اصلاحی مناسب پیشنهاد، اولویت‌بندی و اعمال گردید. در این مطالعه برای هر ریسک شناسایی‌شده چندین اقدامات اصلاحی پیشنهاد گردید، اما انتخاب اقدام کنترلی مناسبی که اجرای آن متناسب با عمر پروژه و امکانات در دسترس، مناسب، منطقی و عملی باشد با توجه به قانون ۸۰/۲۰ پارتو انتخاب گردید، و اقدامات کنترلی(مهندسی، مدیریتی، فردی و..) که بیشترین فراوانی و اشتراک در رفع ریسک‌های کل را دربرمی‌گرفت با در نظر گرفتن شرایط، امکانات و بودجه در اختیار بخش HSE پروژه، اجرا گردید. در انتها به‌منظور ارزیابی اقدامات کنترلی، ارزیابی مجدد پس از شش ماه صورت گرفت و شاخص مربوط به هر عامل محاسبه و مقایسه گردید.



شکل ۱- مراحل اجرای روش فرایند مدیریت مخاطرات و پیامدها

Figure 1- Implementation steps of Hazard and Effect Management Process: HEMP

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.



شکل ۲- شمای پروژه احداث تونل انتقال آب غرب کشور و واحد-های موجود در آن

Figure 2- Diagram of the project of constructing the water transfer tunnel in the west of the country and the units in it

سنجش عوامل زیان‌آور محیط کار

صدا

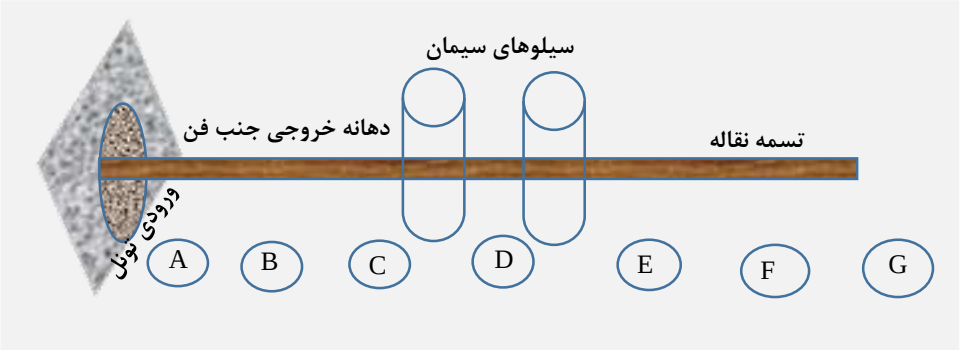
در این پژوهش مطابق شکل شماره ۳، محل استقرار ماشین آلات و تردد کارکنان از دهانه ورودی تونل (نقطه A) تا ایستگاه (G) محل تخلیه مصالح ناشی از حفاری مدنظر قرار گرفته است. اندازه گیری صدا با روش ایستگاه بندی شده انجام شد ومیانگین ترازهای صوتی بر اساس معادله (۱) انجام گرفت. در این مطالعه از دستگاه صداسنج: TES-1358 (sa:09071717269) و کالیبراتور sc-941 (sn:L0812740) جهت اندازه‌گیری استفاده شد. در این پژوهش، از راهنمای اندازه‌گیری و ارزیابی صدا و ارتعاش محیط کار کد OEL-NV-9505 مرکز سلامت محیط و کار وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی منتشرشده در سال ۱۳۹۵ استفاده گردید. ایستگاه‌بندی تونل بر اساس روش شبکه‌ای منظم با ابعاد شطرنجی ۱۰ متر انجام شد [۱۴].

$$\overline{LP}(dB) = 10\log[\frac{1}{n}\times\sum_{i=1}^{n}10^{\frac{LPi}{10}}] \qquad \text{معادله } (۱)$$

روشنایی

فعالیت‌های پروژه احداث تونل انتقال آب به دو صورت کار در ایستگاه ثابت و عملیات موقت می‌باشد. ازآنجایی‌که از دهانه ورودی تا ۵۰ متری آغاز تونل فعالیت چندانی صورت نمی‌گیرد، ایستگاه‌بندی سنجش روشنایی در حدفاصل ۵۰ الی ۲۳۰ متری از دهانه تونل انجام شد (شکل ۴). نورسنجی سایر قسمت‌های تونل با عملیات موقت به‌صورت موضعی صورت گرفت. فاصله نقاط اندازه‌گیری تقریباً ۸ متر و مطابق الگوی پیشنهادی راهنمای ارزیابی روشنایی محیط کار OEL-L-9507 در مکان‌های کم عرض با یک ردیف چراغ خطی (فلورسنت) یا نقطه‌ای با نصب فاصله‌دار انجام شد. همچنین طبق معادله (۲) متوسط شدت روشنایی آن مکان محاسبه گردید:

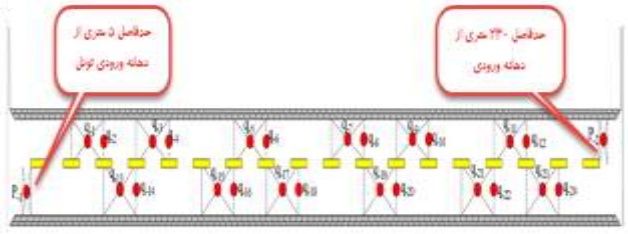
$$Eavg = \frac{Q(N-1)+P}{N} \qquad \text{معادله } (۲)$$



شکل ۳- طرح‌واره نقاط اندازه‌گیری صدا در تونل

Figure 3- Diagram of sound measurement points in the tunnel

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.



شکل ۴- طرحواره نقاط اندازه‌گیری روشنایی عمومی
Figure 4- Scheme of general lighting measurement points

میدان مغناطیسی

با توجه به اینکه انجام عملیات حفاری و متعاقب آن تعمیر و نگهداری تجهیزات، مستلزم استفاده از نیروی برق و استقرار تجهیزات انتقال برق، تابلوها و الکتروموتورها در طول مسیر و جنب دستگاه‌های عملیاتی می‌باشد، ازاین‌رو میدان مغناطیسی اطراف دستگاه‌های موجود برای مواجهه تمام بدن اندازه‌گیری شد. میزان مواجهه شغلی بر اساس استاندارد حدود تماس شغلی عوامل بیماری‌زای وزارت بهداشت، درمان و آموزش پزشکی برای میدان‌های مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز، دوازده‌هزار میلی گوس گزارش شده است که در ادامه اندازه‌گیری‌ها و جهت مقایسه استفاده گردید [۱۵]. میدان‌های مغناطیسی در جهات X، Y، Z و کل به تفکیک ایستگاه‌های مختلف با استفاده از دستگاه EMF 828-LUTRON اندازه‌گیری شد.

عوامل شیمیایی

با توجه به نوع عملیات و شرایط واحد تونل، به‌منظور ارزیابی عوامل شیمیایی زیان‌آور، میزان ذرات قابل‌تنفس و گاز H_2S اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری ذرات قابل‌تنفس با استفاده از متد NIOSH 0500 با یک فیلتر PVC با قطر ۳۷ میلی‌متر بر روی فیلتر هولدر IOM و پمپ نمونه‌برداری فردی SKC با دبی ۲ لیتر بر دقیقه انجام گرفت. اندازه‌گیری در دو ایستگاه کاری افسر ایمنی و اپراتور نقشه‌بردار دستگاه TBM در واحد تونل انجام گرفت. H_2S با دو روش قرائت مستقیم و همچنین به‌صورت فردی مورد ارزیابی قرار گرفت. اندازه‌گیری فردی در ایستگاه کاری افسر ایمنی انجام شد، به این منظور از جاذب زغال فعال استفاده شد. مدت‌زمان نمونه‌گیری ۱۰۰ دقیقه و فلوی پمپ نمونه‌برداری ۰/۲ لیتر بر دقیقه بود. در این ارزیابی‌ها، نمونه‌های شاهد به منظور بالا بردن صحت اندازه‌گیری لحاظ گردید.

ارزیابی پوسچر ارگونومیک به روش QEC

روش QEC که توسط لی و باکل (۱۹۹۸) ارائه شده است، مواجهه‌ی ۴ ناحیه از بدن شامل کمر، شانه/ بازو، مچ دست/ دست و گردن را که در معرض بزرگ‌ترین خطر آسیب‌های اسکلتی- عضلانی هستند، مورد ارزیابی قرار می‌دهد [۱۶]. در ارزیابی به روش QEC اندام‌های بدن بر اساس پوسچرهایی که ممکن است داشته باشند دسته‌بندی‌شده و کد مخصوص می‌گیرند. نهایتاً با توجه به ارزیابی سطح مواجهه نواحی چهارگانه یادشده، طبق جدول شماره ۱ ارزیابی سطح مواجهه برای کل بدن به دست می‌آید و بر اساس آن اقدامات اصلاحی موردنیاز طبق جدول شماره ۲ اولویت‌بندی می‌شود [۱۷].

جدول ۱- ارزیابی سطح مواجهه در نواحی چهارگانه بر اساس امتیاز محاسبه شده

Table 1- Evaluation of the exposure in the four areas based on the calculated score

امتیاز / ناحیه	سطح مواجهه			
	پایین	متوسط	بالا	بسیار بالا
کمر	۲۰ – ۱۰	۳۰ – ۲۱	۴۰ – ۳۱	۵۶ – ۴۱
شانه/ بازو	۲۰ – ۱۰	۳۰ – ۲۱	۴۰ – ۳۱	۵۶ – ۴۱
مچ دست/ دست	۲۰ - ۱۰	۳۰ - ۲۱	۴۰ - ۳۱	۵۶ - ۴۱
گردن	۶ - ۴	۱۰ - ۸	۱۴ - ۱۲	۱۸ - ۱۶

جدول ۲- سطح خطر و اولویت اقدام‌های اصلاحی درروش QEC

Table 2- Risk level and priority of corrective measures in QEC method

امتیاز کل QEC	سطح ریسک ارگونومیک	ارزیابی سطح مواجهه با ریسک فاکتورهای عوارض اسکلتی-عضلانی
٪۴۰≤	۱	قابل‌قبول
٪۵۰-٪۴۱	۲	انجام مطالعه بیشتر
٪۷۰-٪۵۱	۳	اقدام اصلاحی در آینده نزدیک انجام گیرد.
٪۷۱≤	۴	اقدام اصلاحی بی‌درنگ انجام گیرد.

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

یافته‌ها

کلیه ریسک‌های پروژه مطابق با مراحل اجرای طرح (شکل شماره ۱) و با توجه به نقشه محل اجرای طرح (شکل شماره ۲)، شناسایی، اندازه‌گیری و ارزشیابی شد. شکل ۵ مخاطرات شناسایی‌شده در ارزیابی ریسک اولیه، برحسب درصد را نشان می‌دهد. همان‌طور که از نمودار نمایان است بیشترین درصد مخاطرات با حدود ۴۵٪ از کل مخاطرات مربوط به واحد تونل و کمترین در واحد اداری ۵٪ می‌باشد.

شکل ۵- مخاطرات شناسایی‌شده در ارزیابی اولیه ریسک

Figure 5- Hazards identified in the initial risk assessment

اندازه‌گیری صدا

جدول شماره ۳ نتایج اندازه‌گیری عمومی صدای اولیه و ثانویه در ایستگاه‌های اطراف منابع تولیدکننده صدا در دهانه تونل که طی دو مرحله انجام گرفت را نشان می‌دهد، بیشترین میزان صدای اندازه‌گیری شده با ۹۴/۹ دسی‌بل مربوط به ایستگاه B (شکل شماره ۱) در دهانه تونل می‌باشد. میانگین ترازهای صوت که از طریق فرمول (۱)، محاسبه شد در اندازه‌گیری اولیه ۸۸/۳۳ دسی‌بل و برای اندازه‌گیری ثانویه ۸۸/۳۵ دسی‌بل می‌باشد.

اندازه‌گیری میزان صدا علاوه بر مسیر تونل (شکل شماره ۳) در ایستگاه‌های مختلف دیگر نظیر بهداری، محل غذاخوری، محوطه الکتروموتورها و ..(شکل ۲) مورد ارزیابی قرار گرفت. در ایستگاه‌های بهداری (درب باز و درب بسته) میزان صدای اندازه‌گیری شده به ترتیب برابر ۶۷/۷ و ۸۱/۱ دسی‌بل بود که کمتر از مقدار استاندارد ۸۵ دسی‌بل می‌باشد. در ایستگاه سکوی نهارخوری پرسنل دستگاه TBM در ارزیابی اولیه ۹۴/۴ دسی‌بل بود که در ارزیابی ثانویه به ۸۳/۹ دسی‌بل بهبود یافته است. در هر دو مرحله ارزیابی اولیه و ثانویه حداقل و حداکثر میزان صدای اندازه‌گیری موضعی به‌ترتیب در بهداری (درب بسته) و محوطه الکتروموتورها می‌باشد.

جدول ۳- نتایج ارزیابی عمومی صدا در مسیر دهانه تونل

Table 3- The results of general sound evaluation in the direction of the tunnel opening

ردیف	نام ایستگاه اندازه‌گیری	میزان صدای اندازه‌گیری شده (دسی‌بل)	
		اولیه	ثانویه
۱	ایستگاه A	۹۰	۹۰
۲	ایستگاه B	۹۴/۹	۹۵
۳	ایستگاه C	۸۲/۹	۸۳
۴	ایستگاه D	۸۲	۸۲
۵	ایستگاه E	۸۱/۲	۸۱/۲
۶	ایستگاه F	۸۰	۸۰
۷	ایستگاه G	۷۹/۷	۷۵/۶
	میانگین ترازهای صوت $\overline{LP}(dB)$	۸۸/۳۳	۸۸/۳۵

ارزیابی روشنایی محیط کار به دو صورت عمومی و موضعی انجام شد. در نورسنجی عمومی از قسمت‌های ۲۶ گانه ایستگاه‌بندی شده در واحد تونل (شکل ۴) کمترین و بیشترین میزان روشنایی اولیه اندازه‌گیری شده به ترتیب ۱۳ لوکس مربوط به ایستگاه ۱۲ و ۳۵ لوکس مربوط به ایستگاه ۲۰ و همچنین کمترین و بیشترین میزان روشنایی اندازه‌گیری شده ثانویه به ترتیب ۵۰ لوکس (ایستگاه ۹) و ۶۹ لوکس (ایستگاه ۱۷) حاصل گردید. این در حالی است که در مجموع متوسط روشنایی در اندازه‌گیری اولیه ۲۴/۵ لوکس و پس از اعمال اقدامات اصلاحی (نظیر نظافت چراغ‌های موجود)، افزایش منابع روشنایی(نصب برج روشنایی و روشنایی موضعی) به ۵۸ لوکس رسید. به‌منظور اندازه‌گیری میزان روشنایی ایستگاه‌های کاری ثابت در این پروژه، ارزیابی موضعی انجام شد که نتایج آن‌ها در جدول شماره ۴ خلاصه شده است.

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

جدول ۴- نتایج ارزیابی روشنایی موضعی در واحدهای حفاری و اداری

Table 4- Evaluation results of local lighting in drilling and administrative units

ردیف	محل اندازه‌گیری (نام ایستگاه)	میزان روشنایی اندازه‌گیری شده (لوکس)	
		اولیه	ثانویه
۱	اینترفیس (روی تسمه‌نقاله)	۳۰۰	۳۰۰
۲	جنب دستگاه گمانه	۱۲۰	۳۴۰
۳	اداری – روی میز کار امور اداری	۳۵۰	۳۱۰

با توجه به جدول شماره ۴ می‌توان مشاهده کرد که میزان روشنایی در جنب دستگاه گمانه بعد از اجرای اقدامات اصلاحی از ۱۲۰ به ۳۴۰ لوکس رسیده است.

میدان مغناطیسی

نتایج اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی در جهات X،Y، Z و کل به تفکیک ایستگاه‌های مختلف در جدول شماره ۵ نشان داده شده است.

اندازه‌گیری عوامل زیان‌آور شیمیایی

با توجه به نوع فعالیت در حال انجام در پروژه، به منظور اندازه‌گیری عوامل زیان‌آور شیمیایی، ذرات قابل‌تنفس و میزان گاز H_2S محیط کار اندازه‌گیری شد. مطابق جدول ۶ میزان ذرات قابل‌تنفس در ایستگاه‌های نقشه‌بردار دستگاه TBM و ایستگاه افسر ایمنی در جبهه حفاری در اندازه‌گیری اولیه به ترتیب: ۵/۱۸، ۱۱/۰۲ میلی‌گرم درمترمکعب و در اندازه‌گیری ثانویه ۴/۳۷، ۰/۶۳ میلی‌گرم در مترمکعب بوده که در مقایسه با مقدار استاندارد ۱۰ میلی‌گرم برمترمکعب، مشاهده می‌شود که در مرحله دوم مقادیر در محدوده حد استاندارد واقع شده‌اند.

با توجه به سمیت و مخاطره‌آمیز بودن گاز H_2S، مقدار آن به دو صورت نمونه‌برداری فردی و قرائت مستقیم لحظه‌ای مورد سنجش قرارگرفته که در نمونه‌برداری فردی میزان H_2S اندازه‌گیری شده در نوبت اول ppm ۸ و در نوبت دوم بافاصله شش ماه از نوبت اول ppm ۱۱ حاصل‌شده است. نتایج اندازه‌گیری گاز H_2S که به‌صورت قرائت مستقیم در شیفت‌های کاری و روزهای متفاوت انجام‌گرفته که در جدول شماره ۷ نشان داده شده است. نتایج گزارش شده میانگین سه اندازه‌گیری در سه روز متوالی می‌باشد.

جدول ۵- نتایج اندازه‌گیری میدان‌های مغناطیسی (EMF)

Table 5- The results of measuring magnetic fields (EMF)

ردیف	محل اندازه‌گیری (نام ایستگاه)	شدت میدان مغناطیسی برحسب میلی‌گوس			
		X	Y	Z	کل
۱	جنب الکتروموتور ۱ (گالری)	۳۷	۳۰	۲۵	۵۳/۸
۲	جنب الکتروموتور ۲ (گالری)	۴۲	۳۸	۴۸	۷۴/۵
۳	تابلو برق ۲۰K حدفاصل ۲۱۰۰ متری	۲۲	۲۰	۲۵	۳۹
۴	تابلو برق ۲۰K حدفاصل ۲۲۰۰ متری	۳۰	۲۸	۳۶	۵۵
۵	ضلع غربی ترانس برق ۲۰K دستگاه TBM	۴۰	۳۵	۵۱	۷۴
۶	جنب ترانس ۱ سامب ۲۸۰۰	۳۰	۴۲	۳۴	۶۲
۷	جنب ترانس ۲ سامب ۲۸۰۰	۶۳	۸۵	۹۲	۱۴۰
۸	جنب تابلو برق VFP2 660	۸۲۰	۷۹۰	۸۱۰	۱۳۹۷
۹	فاصله‌ی نیم متری تابلو برق VFP2 660	۲۸	۲۵	۳۰	۴۸
۱۰	جنب پنل کنترل MDB1	۳۱۵	۳۲۰	۳۳۳	۵۵۹
۱۱	جنب پنل کنترل UPS1	۵۲	۴۴	۵۶	۸۸/۱

جدول ۶- نتایج اندازه‌گیری ذرات قابل‌تنفس (میلی‌گرم درمترمکعب)

Table 6- Measurement results of respirable particles (mg per cubic meter)

ردیف	ایستگاه موردسنجش	دوره	میزان ذرات قابل‌تنفس
۱	نقشه‌بردار دستگاه TBM	اندازه‌گیری اولیه	۵/۱۸
		اندازه‌گیری ثانویه	۴/۳۷
۲	ایستگاه افسر ایمنی (جبهه حفاری)	اندازه‌گیری اولیه	۱۱/۰۲
		اندازه‌گیری ثانویه	۰/۶۳

اندازه‌گیری‌های قرائت مستقیم درسه ایستگاه انجام شد. همان‌طور که از نتایج خلاصه‌شده در جدول ۷ مشاهده می‌شود

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

بالاترین غلظت گاز در شش ماهه اول با ppm ۲۶ مربوط به‌نوبت صبح و در شش ماهه دوم ppm ۲۸ در نوبت عصر گزارش‌شده است، کمترین مقدار اندازه‌گیری شده دو شش ماهه اول و دوم به ترتیب ppm ۱۶ در نوبت شب و ppm ۱۵ در نوبت صبح می‌باشد. لازم به ذکر است در اندازه‌گیری‌های نقطه‌ای هنگام حفاری در بعضی زمان‌ها مقدار اندازه‌گیری شده حتی به ppm ۱۸۰ نیز رسیده است. حد استاندارد مجاز H_2S در ایران برای میانگین زمانی تماس ppm ۱ و مقدار سقف آن ppm ۵ می‌باشد.

جدول ۷- نتایج اندازه‌گیری قرائت مستقیم گاز H_2S بر حسب ppm در شش ماهه اول و دوم

Table 7- The results of the portable measuring of H_2S (ppm) in the first and second six months

ردیف	ایستگاه موردسنجش	شش ماهه اول			شش ماهه دوم		
		صبح	عصر	شب	صبح	عصر	شب
۱	گالری	۲۶±۶	۲۴±۵	۱۹±۴	۶±۲۵	۱۸±۳	۲۳±۴
۲	جنب کانکس ایستگاه ایمنی	۳±۱۸	۳±۱۶	۴±۲۱	۴±۱۶	۵±۲۲	۵±۲۴
۳	اینترفیس	۵±۲۱	۳±۱۶	۴±۱۸	۵±۱۵	۵±۲۸	۴±۲۲

ارزیابی پوسچر ارگونومیکی کارکنان به روش QEC

از بین ۲۵ نفر که مورد ارزیابی پوسچر از طریق روش QEC قرار گرفتند، نتایج نشان داد اکثریت افراد تحت مطالعه در سطح ریسک ارگونومیک ۳ و۴ قرار دارند یعنی نیازمند اقدامات اصلاحی در آینده نزدیک یا بی‌درنگ می‌باشند. نتایج این ارزیابی در جدول شماره ۸ نمایش داده شده است.

شاخص بهداشتی

شاخص‌های بهداشتی مواجهه با عوامل زیان‌آور محیط کار در دو مرحله قبل و بعد از انجام اقدامات اصلاحی با استفاده از رابطه زیر محاسبه و در جدول ۹ ارائه شده است. همان‌طور که در جدول شماره ۹ مشاهده می‌شود، در این میان بیشترین بهبودی حاصل‌شده با اعمال اقدامات اصلاحی با ۳۹٪ مربوط به شاخص‌های کنترل روشنایی و ارتعاش بود.

$$\text{شاخص کنترل مواجهه با عوامل‌زیان‌آور محیط کار} = \frac{\text{تعداد کارکنانی که مواجهه آن‌ها با عوامل‌زیان‌آور تحت کنترل قرار گرفته است}}{\text{تعداد کل کارکنان در معرض عوامل‌زیان‌آور}} \times ۱۰۰$$

جدول ۸- نتایج ارزیابی ارگونومی به روش QEC

Table 8- The results of ergonomic evaluation by QEC method

ردیف	امتیاز کل QEC	سطح ریسک ارگونومیک	ارزیابی سطح مواجهه با ریسک فاکتورهای عوارض اسکلتی-عضلانی	قبل از انجام مداخلات		بعد از انجام مداخلات	
				تعداد	درصد	تعداد	درصد
۱	٪۴۰≤	۱	قابل‌قبول	۱	٪۴	۱۳	٪۵۲
۲	٪۴۱–٪۵۰	۲	انجام مطالعه بیشتر	۴	٪۱۶	۵	٪۲۰
۳	٪۵۱-٪۷۰	۳	اقدام اصلاحی در آینده نزدیک انجام گیرد.	۱۱	٪۴۴	۳	٪۱۲
۴	٪۷۱≤	۴	اقدام اصلاحی بی‌درنگ انجام گیرد.	۹	٪۳۶	۴	٪۱۶
			مجموع	۲۵	٪۱۰۰	۲۵	٪۱۰۰

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

سروصدا و عوامل شیمیایی با ۲۷٪ و ۲۵٪ در جایگاه بعدی قرار گرفتند. با شناسایی مخاطرات موجود در پروژه، ۳۰ اقدام اصلاحی مختلف برای کاهش میزان مخاطرات پیشنهاد گردید. از بین آنها بر اساس قانون ۸۰/۲۰ پارتو تعدادی انتخاب و اجرایی شدند. جدول ۱۰ اهم اقدامات کنترلی انجام شده در بخش-های مختلف پروژه به‌منظور کاهش مخاطرات ارزیابی شده را نشان می‌دهد.

بحث

از مجموع ۱۰۳۷ نوع مخاطره شناسایی‌شده در ارزیابی ریسک اولیه، ۴۶۴ مورد مربوط به واحد تونل بود که حدود ۴۵٪ از کل ریسک‌ها را شامل می‌شود. بالا بودن درصد ریسک‌ها در واحد تونل به نسبت سایر واحدها با توجه به وسعت این واحد، شرایط متفاوت و بسیار متغیر ازنظر عملیاتی و تنوع فعالیت‌های در حال انجام در آن قابل توجیه می‌باشد. در مطالعه‌ای که کاکایی و همکاران در پالایشگاه نفت کرمانشاه انجام دادند مشخص گردید از مجموع ۴۴۷ خطر شناسایی‌شده، حدود ۵۶ درصد در سطوح غیرقابل‌قبول و نامطلوب دربخش پالایش که عمده فعالیت‌های عملیاتی مجموعه در آن انجام می‌گیرد، قرار دارد [۱۸]. همچنین در مطالعه ملکوتی و غریبی به منظور ارزیابی ریسک قسمت تونل، نتایج نشان داد بالاترین درصد مخاطرات در قسمت حفاری و مسیر تونل وجود دارد [۲].

جدول ۹- شاخص‌های بهداشتی مواجهه با عوامل زیان‌آور محیط کار

Table 9- Health indicators of exposure to harmful factors in the work environment

شاخص	تعداد افراد در مواجهه		تعداد افرادی که مواجهه آن‌ها مورد کنترل قرارگرفته است		شاخص کنترل (درصد)	
	۶ ماه اول	۶ ماه دوم	۶ ماه اول	۶ ماه دوم	۶ ماه اول	۶ ماه دوم
سروصدا	۷۵	۶۴	۲۵	۳۸	۳۳	۶۰
روشنایی	۹۲	۹۲	۱۲	۴۷	۱۲	۵۱
عوامل زیان‌آور شیمیایی	۸۰	۸۰	۵۰	۷۰	۶۲	۸۷
ارگونومیکی	۱۷۰	۱۷۰	۲۲	۴۱	۱۳	۲۴

به‌منظور اندازه‌گیری صدای عمومی در این قسمت از پروژه، ۷ ایستگاه (A-G) در مسیر تونل مطابق شکل ۳ تعیین گردید. هرچه از ایستگاه G به دهانه تونل نزدیک‌تر می‌شویم، تراز فشار صوت روندی صعودی دارد که در این بین ایستگاه B تقریباً با تراز صوت ۹۵ دسی‌بل بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده است که این امر به دلیل استقرار پمپ‌ها، دریچه خروجی سیستم تهویه و تأسیسات تخلیه آب از تونل در این قسمت می‌باشد. عدم‌تغییر و بعضاً افزایش صدا در بعضی ایستگاه‌ها و تراز فشار صوت متوسط در ارزیابی ثانویه باوجود استقرار برنامه سرویس‌دهی منظم دستگاهی، به دلیل نصب تأسیسات اضافی به‌منظور تخلیه آب ناشی از برخورد با لایه پرفشار آبی و نصب پمپ‌های تهویه باراندمان بالاتر در رانش جریان گاز تونل می‌باشد. لذا به‌منظور کاهش اثرات سوء این عامل تهیه و تأکید و نظارت مستمر بر استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب (ایرماف و ایرپلاگ) در دستور کار قرار گرفت.

از طرفی با توجه به جدول شماره ۳ در ایستگاه‌هایی که اندازه-گیری به‌صورت موضعی انجام شد، می‌توان دریافت که با اعمال اقدامات اصلاحی در اکثر ایستگاه‌های موردسنجش، کاهش محسوسی را شاهد بوده‌ایم. در ایستگاه سکوی نهارخوری پرسنل دستگاه TBM میزان تراز فشار صوت اولیه ۹۴/۹ دسی‌بل بود که با تهیه کانکس مناسب در محل و جابجایی فن‌های دمنده تهویه از این قسمت به مکان با تردد کمتر به ۸۳/۹ دسی‌بل در اندازه‌گیری ثانویه کاهش یافت. با توجه به ماهیت دستگاهی و عملیاتی پروژه در ایستگاه‌های محل خروج تسمه‌نقاله از دستگاه TBM (اینترفیس)، محل حفاری دستگاه TBM و محوطه الکتروموتورها (گالری) کاهش چندانی در میزان تراز صوت را

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

شاهد نبوده و به‌منظور کاهش اثرات سوء این عامل تهیه و تأکید و نظارت مستمر بر استفاده از تجهیزات حفاظت فردی مناسب (ایرمهاف و ایرپلاگ) در دستور کار قرار گرفت. میدان‌های مغناطیسی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های موردسنجش بسیار کمتر از مقدار ۱۲۰۰۰ میلی گوس استاندارد برای تمام بدن می‌باشد.

جدول ۱۰- اقدامات اصلاحی اجراشده در پروژه

Table 10- Corrective measures implemented in the project

ردیف	اقدام اصلاحی	واحد							
		تونل	تعمیرات	تأسیسات	تسهیلات (نانوایی، آشپزخانه، آبدارخانه)	محوطه و نقلیه	انبار	خوابگاه	اداری
۱	استقرار سیستم 5S و نظارت مستمر	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۲	بازرسی منظم و دوره‌ای واحدها و جبهه‌های فعالیت مطابق چک‌لیست‌ها	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۳	سرویس‌دهی و تعمیرات منظم دستگاه‌ها و عایق‌بندی و تعویض به‌موقع کابل و سیم‌های پوسیده، آموزش استفاده صحیح از وسایل الکتریکی	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۴	آموزش‌های بدو استخدام، قبل از انجام فعالیت جدی و دوره‌ای منظم و TOOL BOX TALK	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۵	تکمیل تیم HSE و تعیین شرح فعالیت و زمان و محل عملکرد هر یک از افراد	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۶	تشکیل و تکمیل پرونده‌های پزشکی و پیگیری وضعیت افراد مشمول ارجاع به متخصص	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۷	تهیه MSDS گازهای نظیر H_2S و مواد شیمیایی داخل کارگاه	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
۸	تعبیه دتکتورهای حساس به گازها در قسمت‌های مختلف تونل و دستگاه حفاری و نظارت مستمر و گزارش روزانه	✓	✓						
۹	تهیه، توزیع و نظارت بر استفاده از وسایل حفاظت فردی مناسب	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
۱۰	نظافت چراغ‌های موجود، افزایش منابع روشنایی(نصب برج روشنایی و روشنایی موضعی)	✓	✓	✓	✓		✓		
۱۱	بهبود سیستم تهویه عمومی و موضعی	✓	✓		✓		✓		
۱۲	تهیه تجهیزات، وسایل و ابزارآلات ارگونومیک متناسب با فعالیت	✓	✓						
۱۳	پیگیری زمان و کیفیت استراحت افراد نوبت‌کاری، استراحت کافی بین کاری مطابق با حجم و سنگینی کار	✓	✓						
۱۴	تهیه کانکس مناسب در سکوی نهارخوری پرسنل دستگاه TBM	✓							
۱۵	استقرار کانکس‌های اداری در فاصله ایمن با جبهه حفاری و عملیاتی و منطقه ایجاد گردوغبار و صدا								✓

بررسی نتایج به‌دست‌آمده از سنجش اولیه روشنایی قسمت‌های ایستگاه‌بندی شده تونل و مقایسه با استاندارد پیشنهادی ۵۰ لوکس برای تونل‌های عبور سواره، نشان داد که روشنایی تمامی ایستگاه‌ها کمتر از میزان استاندارد است؛ بنابراین با اعمال اقدامات اصلاحی از طریق تعمیر و تعویض منابع روشنایی معیوب، ارتقای منابع روشنایی موجود تک‌رشته‌ای به دو رشته‌ای و نصب برج روشنایی، بهبود بیش از ۹۰ درصدی در میزان روشنایی این قسمت‌ها حاصل گردید همچنین متوسط روشنایی عمومی در قسمت اندازه‌گیری شده به سطح استاندارد مربوطه رسید. از طرفی با توجه به جدول ۴ از سه ایستگاهی که به‌صورت موضعی موردسنجش قرار گرفت، در ایستگاه جنب دستگاه گمانه مقدار روشنایی اولیه به‌دست‌آمده ۱۲۰ لوکس بوده است که کمتر از حد استاندارد ۳۰۰ لوکس برای عملیات ماشینی عمومی می‌باشد. درنتیجه به‌منظور اصلاح آن منبع روشنایی اضافی

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

قابل‌حمل تعبیه گردید که در اندازه‌گیری ثانویه مقدار روشنایی به ۳۴۰ لوکس افزایش‌یافته است.

مطابق جدول ۶ میزان ذرات قابل‌تنفس در دو ایستگاه موردسنجش، محل قرارگیری نقشه‌بردار دستگاه TBM و جایگاه افسر ایمنی به ترتیب در اندازه‌گیری اولیه ۵/۱۸ و ۱۱/۰۲ میلی‌گرم در مترمکعب و در اندازه‌گیری ثانویه ۴/۳۷ و ۰/۶۳ میلی‌گرم در مترمکعب می‌باشد؛ که در مقایسه با مقدار استاندارد ۱۰ میلی‌گرم در مترمکعب مشاهده می‌شود که در هر دو مرحله، مقادیر اندازه‌گیری شده به جز یک مورد در محدوده حد استاندارد می‌باشند. تغییر مکان افسر ایمنی و اصلاح درب پنجره اتاقک استقرار نقشه‌بردار TBM در کاهش مقدار ذرات مؤثر بوده است. لازم به ذکر است با توجه ماهیت محل پروژه و نوع حفاری که همراه با فوران آب در محل حفاری و سرتاسر تونل می‌باشد عامل زیان‌آور ذرات قابل‌تنفس در هوای محیط به مقدار زیاد پخش نمی‌شود.

نتایج به‌دست‌آمده از نمونه‌برداری فردی H_2S که مقدار آن در نوبت اول ppm ۸ و در نوبت دوم ppm ۱۱ حاصل‌شده است. همچنین نتایج حاصل از اندازه‌گیری قرائت مستقیم لحظه‌ای گاز H_2S در دو مرحله شش ماهه اول و دوم و بازه‌های زمانی متفاوت نشان داد، در تمامی موارد مقدار اندازه‌گیری شده از مقدار حد تماس شغلی بیشتر می‌باشد. با توجه به نوع خاک و بافت سنگی محل، برخورد با توده‌های گازی مکرراً اتفاق افتاده و کنترل گازهای متصاعد شده خارج از کنترل تیم حفاری می‌باشد. لذا به‌منظور تشخیص سریع و به‌موقع این گاز، آشکارسازهای قابل‌حمل فردی و برای کنترل اثرات سوء آن بر افراد شاغل در محیط، از ماسک‌های تمام‌صورت محتوی جاذب هیدروژن‌سولفوره استفاده شد، همچنین در مواقعی که غلظت گاز متصاعد شده چندین برابر مقدار آستانه مجاز سقف (OEL-C) بوده و افراد ناچار به انجام فعالیت در محل بودند الزام به استفاده از ماسک‌های هوارسان اجرا می‌گردید.

از بین ۲۵ نفری که از طریق روش QEC ارزیابی‌شدند در ارزیابی اولیه ۸۰٪ از افراد دارای سطح ریسک نامناسب (۳ و ۴) بودند و تنها ۲۰٪ از افراد در محدوده قابل‌قبول و انجام مطالعات بیشتر قرار داشتند. با انجام مداخلات اصلاحی که در جدول ۱۰ آورده شده است. در ارزیابی ثانویه ۷۲٪ از افراد مورد ارزیابی در محدوده قابل‌قبول و انجام مطالعات بیشتر قرار گرفتند و تنها ۲۸٪ از کل افراد مورد ارزیابی در دو سطح (۳ و ۴) باقی ماندند.

با توجه به ماهیت و حجم فعالیت‌های پروژه، افراد در مواجهه با عوامل زیان‌آور متعددی قرار دارند که قسمتی از آن‌ها به‌صورت اختصاصی و مربوط به واحد و یا فعالیتی خاص می‌باشد؛ ولی برخی از افراد مشغول به کار در چندین فعالیت در محیط کار، در مواجهه با چندین عامل زیان‌آور، قرار می‌گیرند. مقدار شاخص‌های بهداشتی عوامل زیان‌آور محیط کار برای هر دو گروه از کارکنان پس از شناسایی، اندازه‌گیری، مقایسه با استانداردها و تعیین تعداد افراد در مواجهه، قبل و بعد از اعمال مداخلات و اقدامات اصلاحی مورد ارزیابی قرارگرفته و نتایج از طریق فرمول‌های مربوطه محاسبه گردید. نتایج در جدول شماره ۹ گزارش‌شده است. در این میان پس از اعمال اقدامات اصلاحی بیشترین بهبودی با ۳۹٪ مربوط به شاخص‌های کنترل روشنایی بود. شاخص‌های کنترلی سروصدا و عوامل شیمیایی به ترتیب با بهبود ۲۷٪ و ۲۵٪ در مراحل بعدی قرار گرفتند که نشانه‌ای از موثر بودن اقدامات کنترلی در بهبود شاخص‌های بهداشتی می‌باشد. کامات و وان دروپ نیز در سال ۲۰۰۴ مدیریت مخاطرات در حوزه HSE در مرحله طراحی یک سایت بزرگ گاز مایع در ابوظبی را با استفاده از HEMP را انجام دادند. نتایج تحقیق آنها نیز ثابت کرد که با به‌کارگیری HEMP یک روش عملی و سیستماتیک برای شناسایی، ارزیابی، کاهش، کنترل و بازیابی خطرات فراهم می‌شود [۱۰].

نتیجه‌گیری

پس از بررسی تمامی مخاطرات شغلی در پروژه تونل انتقال آب غرب کشور پرمخاطره‌ترین مکان در کل پروژه ازنظر فراوانی مخاطرات بهداشت شغلی واحد تونل بوده و پراهمیت‌ترین عامل مخاطره‌آمیز شغلی با توجه به میزان سمیت، شدت مواجهه و نرخ مرگ ومیر، گاز H_2S تشخیص داده شد. ۱۵ مورد از اقدامات اصلاحی پیشنهادی، که در مرتفع نمودن بیشترین فراوانی مخاطرات، کارایی لازم را داشتند، انتخاب و اجرایی گردید. در این میان از کلیه اقدامات قیدشده ۸ مورد در هر۸ واحد پروژه،

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

اشتراک اجرایی داشت و در اصلاح و پیشگیری از بسیاری از مخاطرات موجود در آن واحدها مؤثر بودند. واحد تونل پرریسک‌ترین واحد پروژه بوده و به نسبت کل کارکنان شاغل در پروژه افراد بیشتری در آن مشغول به فعالیت بودند. واحد تعمیرات و تأسیسات با توجه به ماهیت و گردش کاری زیاد بین واحدها، علاوه بر مخاطرات مختص به فعالیت‌های کاری خود، با عوامل زیان‌آور موجود در اکثر واحدها در مواجهه بودند، ازاین‌رو اعمال اقدامات کنترلی و پیشگیرانه در این دو واحد بسیار حساس بوده و باید با هماهنگی سایر واحدها انجام شود. بررسی سطوح ریسک در ارزیابی ریسک ثانویه و همچنین شاخص‌های عملکردی HSE در ارزیابی بعد از اعمال این اقدامات اصلاحی نشان‌دهنده موثربودن این اقدامات است. البته غیرقابل کنترل بودن و عدم کاهش مخاطرات مربوط به برخی از مخاطرات مخصوصاً گاز H_2S، ضرورت استفاده از وسایل حفاظت فردی را چندین برابر می‌کند. چرا که میزان انتشار گاز H_2S در طول پروژه کاملا متغیر و وابسته به پارامترهای زمین‌شناسی در طول حفاریست.

تشکر و قدردانی

این مقاله بخشی از پایان نامه دانشجوی کارشناسی ارشد رشته مدیریت سلامت، ایمنی و محیط زیست با کد اخلاق IR.SBMU.PHNS.REC.1397.082 بوده ونویسنده لازم می‌داند مراتب تقدیر و تشکر خود را از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی و کلیه مجموعه شرکت ابزار تونل پیشرو اعلام نماید.

تضاد منافع

هیچ‌گونه تضاد منافعی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

References

1- Enayati A, Soltanpanah H, Qari Quran A. A Survey on the Risk Management in Water Transmission Projects (Case Study: Kurdistan Regional Water Company). Industrial Management Journal 2013; 8(26):25-36 (In Persian).
2- Malakouti J, Gharibi V. Risk Analysis of Automated Excavation Operations by Energy Trace & Barrier Analysis Method. Iran Occupational Health Journal. 2013; 10(2):87-98 (In Persian).
3- Volquind D, Bagatini A, Monteiro GMC, Londero JR, Benvenutti GD. Occupational hazards and diseases related to the practice of anesthesiology. Brazilian Journal of Anesthesiology (English Edition) 2013; 63(2):227-32.
4- Golmohammadi R, Mehdinia M, Shahida R, Darvishi E. The Effects of Lighting on Mental and Cognitive Performance: A Structured Systematic Review. Iranian Journal of Ergonomics 2017; 5(2):43-54 (In Persian).
5- Jahangiri M, Parsarad M. Health Risk Assessment of Harmful Chemicals: Case Study in a Petrochemical Industry. Iran Occupational Health Journal. 2011; 7(4):17-24 (In Persian).
6- Golmohammadi R, Moazaz F, Aliabadi M. The noise control prioritizing index in a tire manufacturing company. Journal of Occupational Hygiene Engineering 2017; 4(3):41-48 (In Persian).
7- Jahangiri M, Abaspour S, Derakhshan Jazari M, Bahadori T, Malakoutikhah M. Development of Comprehensive Occupational Health Risk Assessment (COHRA) Method: Case Study in a Petrochemical Industry. Journal of Occupational Hygiene Engineering 2018; 5(3):53-62 (In Persian).
8- Zamanian Z, Azad P, Ghaderi F, Bahrami S, Kouhnavard B. Investigate the relationship between rate of sound and local lighting with occupational stress among dentists in the city of Shiraz. Journal of Health 2016; 7(1):87-94 (In Persian).
9- PDO. HSE Management System Manual (Cp-122), Hazards and Effects Management 2022. Available from: www.pdo.co.om/hsems/ Documents/ 4.%20Hazards%20and%20Effects%20Management%20Process.pdf. Accessed Agu 15, 2021.
10- Salter N. Implementation of the Hazards and Effects management Process (HEMP) at Shell Chemical Facilities 2004 Available from: https:// docplayer.net/33757723-Implementation-of-the-hazards-and-effects-management-process-hemp-at-shell-chemical-facilities.html. Accessed Jun 23, 2022.
11- Sameti M. HEMP risk management and assessment in wire operations of regional electricity distribution companies. National conference on occupational health and safety 2014. Available from: http://dl.mozh.org/up/congress-hse-9.pdf. Accessed Agu 11, 2021.
12- Awonusi S. Managing Pipelines Risk in Nigeria. 2007. Proceedings of the Nigeria Annual International Conference and Exhibition, 2007 Agu.

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.

6; Abuja, Nigeria. Doi: doi.org/10.2118/111899-MS.
13- Kamath A, van Dorp J, Johnson A, Alcock J, Keith I. Hazard management considerations for sour gas development during concept selection. Proceedings of the Abu Dhabi International Conference and Exhibition. 2004 Oct. 10; Abu Dhabi, United Arab Emirates. Doi: doi.org/ 10.2118/88724-MS.
14- Ministry of Health and Medical Education, Environmental and Occupational Health Center (EOHC). OEL Assessment Guideline for Noise and Vibration. OEL-NV-9505. Hamadan: Daneshjoo publisher; 2017 (In Persian).
15- Ghotbi Ravandi M, Monazam M, Haghdoust A, Barsam T, Akbari HJJoMM. Assessment of the risk of occupational exposure to extremely low frequency electromagnetic fields. Iranian Journal of Military Medicine 2011; 13(3):133-40.
16- Li G, Buckle P. A practical method for the assessment of work-related musculoskeletal risks-Quick Exposure Check (QEC). Proceedings of the 42th Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 1998 Oct. 5-9; Chicago, Illinois, United State of America. Doi: doi.org/10.1177/ 154193129804201905.
17- Rahma RAA, Faiz I. Work posture analysis of gamelan craft center workers using quick methods of ergonomic risk assessment. Journal of Physics: Conference Series; 2019; 1381: 012027. Doi: doi.org/10.1088/1742-6596/1381/1/012027.
18- Kakaei H, Jafari Nodoushan R, Kamalvandi M, Azad P, Normohammadi P, Kakaei Z. Identification and classification of risks and potential events by using Preliminary Hazard Analysis Method (PHA) in Kermanshah Oil Refinery. Journal of Environmental Health Engineering 2015; 3(1):1-9 (In Persian).

این کار از مجوز Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0) تبعیت می‌کند.