Advanced Environmental Sciences ***(Adv. Environ. Sci.)*** **2025, 23(3):563-582** **ISSN: 2588-6177**

Original Article

Evaluation and Monitoring of the Impact of Process Unit Dust Particles on the Health of Employees in the Kermanshah Cement Industry

Received: 2024.08.01
Accepted: 2024.10.05

Hamid Sarkheil,[1]* Ali Shahbazi,[2] Mohammad Talaeian,[2] Yousef Azimi,[3] Armita Partovi Hajidehi[1]

[1] Department of Environmental and Mineral Processing Engineering, School of Mining Engineering, College of Engineering, University of Tehran, Tehran, Iran

[2] Department of Human Environment, College of Environment, Department of Environment (DOE), Karaj, Iran

[3] Research Group of Environmental Engineering and Pollution Monitoring, Research Center for Environment and Sustainable Development (RCESD), Department of Environment (DOE), Tehran, Iran

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: As a fundamental pillar of the national industrial sector, cement factories play a crucial role in economic development. Nonetheless, a paramount occupational health challenge within this industry remains the adverse effects of dust exposure on the respiratory system. Inhalation of cement and silica dust poses a significant risk to workers, potentially leading to chronic respiratory diseases and impaired lung function. Recognizing that a healthy workforce is indispensable for achieving sustainable development, this research was meticulously designed and implemented. The primary objective was to conduct a detailed investigation into the effects of occupational exposure to cement and silica dust on the respiratory health of employees at the Kermanshah cement factory, thereby generating essential data for enhancing workplace safety protocols.

Material and methods: This investigation was conducted as a retrospective cohort study to effectively compare long-term health outcomes. A total of 138 employees were enrolled and categorized into three distinct groups for comprehensive analysis: groups with occupational exposure to silica dust, to cement dust, and a control group with no such exposure. The lung function indices of all participants were rigorously monitored. To accurately quantify the environmental exposure levels, the concentration of cement and silica dust within the factory's process units was assessed using standardized direct reading instruments and methods. Each participant underwent a thorough clinical examination and completed a detailed questionnaire designed to capture demographic data, smoking history, and precise duration of occupational exposure. The ensuing dataset was subjected to rigorous statistical analysis using SPSS software, version 22, to identify any significant differences and correlations between the groups.

Results and discussion: The initial analysis established that there were no statistically significant differences between the two exposed groups and the control group regarding the parameters of weight, Body Mass Index (BMI), gender distribution, years of exposure, and smoking history. This important finding effectively isolates dust exposure as the primary variable influencing the respiratory outcomes, minimizing the potential for confounding factors. The core analysis of spirometric data revealed a statistically significant difference ($P < 0.01$) between the groups exposed to silica and cement dust and the control group for the key pulmonary function indices: Forced Vital Capacity (FVC%), Forced Expiratory Volume in one second (FEV1%), and Peak Expiratory Flow (PEF%). Conversely, for the FEV1/FVC% ratio, a critical measure for identifying obstructive lung patterns, no statistically significant difference was observed between the three groups ($P = 0.409$). A direct comparison confirmed that all pulmonary indices were markedly reduced in the exposed groups compared to the control group. A further important finding was that no significant correlation was established between the measured concentration of dust or the duration of exposure history and the degree of reduction in pulmonary function indices within the exposed cohort. This suggests a complex exposure-response relationship and implies that even at the prevailing exposure levels, a significant risk exists.

Conclusion: This study, through its detailed examination of the relationships between pulmonary function, exposure history, dust concentration, and individual factors, underscores a critical occupational health issue. The results clearly demonstrate that exposure to cement and silica dust in this industrial setting is associated with measurable decrements in lung function. Given the indispensable role of the cement production process and the inherently high volume of dust it generates, further research aimed at precisely investigating the long-term health effects on the workforce is not just important but vital. Therefore, the development and implementation of practical, economical, and regionally appropriate solutions that can be deployed in the short term must be a foremost agenda item for industry management and public health officials to ensure the protection of worker health.

Keywords: Spirometry, Cement dust, Respiratory symptoms

How to cite this article:
Sarkheil, H., Shahbazi, A., Talaeian, M., Azimi, Y. and Partovi Hajidehi, A., 2025. Evaluation and Monitoring of the Impact of Process Unit Dust Particles on the Health of Employees in the Kermanshah Cement Industry. Adv. Environ. Sci. 23(3): 563-582.

* **Corresponding Author Email Address:** sarkheil@ut.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2024.1425

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم محیطی نوین، ۵۸۲-۵۶۳ : (۳) ۲۳، ۱۴۰۴ شاپا: ۶۱۷۷-۲۵۸۸

مقاله پژوهشی

پایش و ارزیابی اثرات ذرات گرد و غبار واحدهای فرآیندی بر سلامت شاغلین صنعت سیمان کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۷/۱۴

حمید سرخیل[۱]*، علی شهبازی[۲]، محمد طلائیان[۲]، یوسف عظیمی[۳]، آرمیتا پرتوی حاجی دهی[۱]

[۱] گروه آموزشی محیط زیست و فرآوری معدنی، دانشکده مهندسی معدن، دانشکدگان فنی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

[۲] گروه آموزشی محیط زیست انسانی، دانشکده محیط زیست، سازمان حفاظت محیط زیست، کرج، ایران

[۳] گروه پژوهشی محیط زیست و توسعه پایدار، پژوهشکده محیط زیست و توسعه پایدار، سازمان حفاظت محیط زیست، تهران، ایران

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: کارخانه‌های سیمان به عنوان ستون بنیادین بخش صنعتی کشور، نقشی حیاتی در توسعه اقتصادی ایفا می‌کنند. با این حال، یکی از چالش‌های عمده بهداشت حرفه‌ای در این صنعت، اثرات نامطلوب مواجهه با گرد و غبار بر سیستم تنفسی است. استنشاق گرد و غبار سیمان و سیلیکا خطر قابل توجهی برای کارگران ایجاد کرده و می‌تواند به بیماری‌های مزمن تنفسی و اختلال در عملکرد ریوی منجر شود. با توجه به اینکه نیروی کار سالم شرط ضروری دستیابی به توسعه پایدار است، هدف اصلی این پژوهش، انجام بررسی دقیق اثرات مواجهه شغلی با گرد و غبار سیمان و سیلیکا بر سلامت تنفسی کارکنان کارخانه سیمان کرمانشاه بود تا داده‌های ضروری برای ارتقای پروتکل‌های ایمنی محیط‌کار فراهم شود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به صورت کوهورت گذشته‌نگر به منظور مقایسه مؤثر پیامدهای سلامت درازمدت انجام شد. تعداد ۱۳۸ کارگر در سه گروه مجزا برای تحلیل جامع دسته‌بندی شدند: گروه‌های مواجهه شغلی با گرد و غبار سیلیکا، گرد و غبار سیمان و گروه کنترل بدون چنین مواجهه‌ای، شاخص‌های عملکرد ریوی تمامی شرکت‌کنندگان به طور دقیق پایش شد. به منظور کمی‌سازی دقیق سطوح مواجهه محیطی، غلظت گرد و غبار سیمان و سیلیکا در واحدهای فرآیندی کارخانه با استفاده از ابزار و روش‌های استاندارد شده مستقیم ارزیابی گردید. هر شرکت‌کننده تحت معاینه بالینی کامل قرار گرفت و پرسشنامه مفصلی را تکمیل نمود که برای جمع‌آوری داده‌های دموگرافیک، سابقه مصرف سیگار و مدت زمان دقیق مواجهه شغلی طراحی شده بود. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۲ مورد تحلیل آماری دقیق قرار گرفت تا تفاوت‌ها و همبستگی‌های معنادار بین گروه‌ها شناسایی شود.

نتایج و بحث: نتایج نشان داد در مورد پارامترهای وزن، BMI، جنسیت، میزان سالهای مواجهه و سابقه مصرف سیگار بین گروه مواجهه با سیلیس و سیمان با گروه کنترل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. همچنین نتایج آنالیز آماری نشان داد درمورد شاخص‌های FVC%، FEV1% و PEF٪ بین گروه‌های مواجهه یافته با سیلیس و سیمان با گروه کنترلی تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده شد (P <۰/۰۱). درمورد شاخص FEV1/FVC٪ تفاوت معنی‌دار آماری بین سه گروه نشان داده نشد(P =۰/۴۰۹). مقایسه شاخص‌های ریوی گروه مواجهه یافته با سیلیس و سیمان و گروه کنترل نشان داد که تمامی شاخص‌های ریوی در گروه مواجهه یافته با سیلیس و سیمان نسبت به گروه کنترل افت داشته است. بین میزان غلظت سیلیس و سیمان و سابقه مواجهه با سیلیس و سیمان با شاخص‌های ریوی ارتباط معنی‌داری یافت نشد. بنابراین کارکنان در قسمت تولید سیمان که در معرض مواجهه با گردوغبار سیمان می‌باشند در معرض خطر پیشروی علائم ریوی و افت شاخص‌های اسپیرومتری هستند.

نتیجه گیری: این مطالعه از طریق بررسی دقیق روابط بین عملکرد ریوی، سابقه مواجهه، غلظت گرد و غبار و عوامل فردی، بر یک موضوع بحرانی بهداشت حرفه‌ای تأکید می‌کند. نتایج به وضوح نشان می‌دهد که مواجهه با گرد و غبار سیمان و سیلیکا در این محیط صنعتی با کاهش قابل اندازه‌گیری در عملکرد ریوی همراه است. با توجه به نقش غیرقابل انکار فرآیند تولید سیمان و حجم ذاتی بالای گرد و غبارتولید شده، پژوهش‌های آتی با هدف بررسی دقیق اثرات بلندمدت سلامت بر نیروی کار نه تنها مهم بلکه حیاتی است. بنابراین، توسعه و اجرای راه‌حل‌های عملی، اقتصادی و متناسب با شرایط منطقه‌ای که در کوتاه‌مدت قابل اجرا باشند، باید به عنوان یک اولویت مهم در دستور کار مدیریت صنعت و مقامات بهداشت عمومی قرار گیرد تا حفاظت از سلامت کارگران تضمین گردد.

واژه‌های کلیدی: اسپیرومتری، گردوغبار سیمان، علایم تنفسی

استناد به این مقاله: *سرخیل، ح.، ع. شهبازی، م. طلائیان، ی. عظیمی و آ. پرتوی حاجی‌دهی. ۱۴۰۴. پایش و ارزیابی اثرات ذرات گرد و غبار واحدهای فرآیندی بر سلامت شاغلین صنعت سیمان کرمانشاه. فصلنامه علوم محیطی نوین. ۲۳(۳): ۵۸۲-۵۶۳.*

* **Corresponding Author Email Address:** sarkheil@ut.ac.ir
DOI: 10.48308/envs.2024.1425

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

عوامل زیان آور محیط کار از جمله مشکلات بهداشت شغلی هستند که می‌توانند به عنوان یک ماده یا وضعیتی باشند که سبب حوادث یا بیماری و یا فراهم نمودن زمینه بروز خطر برای افراد در محیط کار باشند (Baig *et al.*, 2016; Park *et al.*, 2024; Sarkheil *et al.*, 2020; Muhanga, 2024). قرار گرفتن در معرض آلودگی هوای محیطی در درازمدت یک مشکل بزرگ برای سلامتی در سراسر جهان است. سازمان جهانی بهداشت (WHO) نشان داد که بیش از ۹۰ درصد از جمعیت جهان در شهرهایی زندگی می‌کنند که کیفیت هوای پایینی دارند و غلظت آلودگی هوا در این شهرها فراتر از دستورالعمل‌های کیفیت هوای سازمان جهانی بهداشت است (WHO, 2016). برآورد شده است که آلودگی هوا سالانه باعث مرگ ۴.۲ میلیون نفر در سراسر جهان می شود (Hosseini *et al.*, 2021; Karimi and Shukrinejad, 2021). امروزه عوامل زیان‌آور محیط کار اهمیت ویژه‌ای دارند، زیرا این عوامل می‌توانند علاوه بر بروز مشکلات، سبب حذف نیروی کار گردیده و از سویی با تحمیل هزینه‌های درمانی خسارات مالی فراوانی به سیستم اقتصادی جامعه تحمیل می‌نمایند (Salem *et al.*, 2014). در محیط‌های شغلی عوامل زیان آور زیادی وجود دارد که سلامتی شاغلین را تهدید می‌کند. ازمیان این عوامل می‌توان به مواجهه با گردوغبار اشاره نمود. مطالعات متعدد اپیدمیولوژیک ارتباط بین مواجهه با ذرات معلق و بروز عوارض حاد و مزمن تنفسی، سرطان ریه و بیماری‌های قلبی عروقی را نشان داده‌اند (de Kok *et al.*, 2006; Odonkor and Sallar, 2024). آلودگی هوا ازجمله پدیده‌های اثرگذار بر کیفیت زندگی بشر بوده که ممکن است کارایی و سلامت جوامع فراوانی را با مشکل مواجهه کند. از بارزترین منابع آلاینده، صنایع و کارخانه‌ها هستند. صنعت سیمان به همراه صنعت تولید سنگ ساختمانی (Sarkheil *et al.*, 2024) از صنایع مهم آلاینده می‌باشند و در حال حاضر انتشار گرد و غبار یکی از چالش‌های زیست محیطی اصلی در این صنایع می‌باشد (Baig *et al.*, 2016). با توجه به اهمیت این موضوع و نقش مهم سلامت نیروی کار در چرخه اقتصادی، مطالعه حاضر به بررسی تاثیر عوامل زیان‌آور محیط کار (گردوغبار سیمان و سیلیس) بر سلامت دستگاه تنفسی شاغلین صنعت سیمان شهر کرمانشاه می‌پردازد.

لازم به ذکر است که مواد اصلی جهت تولید سیمان شامل سنگ آهک و خاک رس (سیلس و آلومین) هست که در طبیعت به طور فراوان یافت شده اما به طور مستقیم نمی‌توان از آن‌ها در تولید سیمان استفاده نمود. سنگ‌های آهکی بالاتر از ۷۵ درصد کلسیم کربنات و سنگ‌های آهکی حاوی خاک رس حدود ۷۵-۴۰ درصد کلسیم کربنات و خاک‌های آهکی کمتر از ۴۵ درصد کلسیم‌کربنات دارند و مخلوط لازم برای تولید سیمان حاصل می‌شود (Chehargani, 2012).

در مطالعه‌ای که به بررسی تغییرات ظرفیت ریوی شاغلین کارخانه سیمان پرتلند جاجرود پرداخته، نتایج نشان داده است که بین میانگین سن و سابقه کار افراد، اختلاف معناداری وجود دارد. همچنین، نتایج آزمون‌های آماری نشان دادند که شاخص‌های VC، FVC، FEV1 و PEF اختلاف معناداری با گروه شاهد نداشته‌اند، که این موضوع نشان‌دهنده بی‌تأثیر بودن گردوغبار سیمان بر عملکرد ریوی افراد است. علاوه بر این، عملکرد ریوی اکثر افراد در وضعیت طبیعی قرار دارد که می‌توان آن را به مرطوب کردن مواد اولیه در اکثر فرآیندهای تولید و استفاده از وسایل حفاظت فردی نسبت داد (Saif Aghaei, 2000).

بررسی‌های انجام گرفته توسط Hazrati *et al.* (2009) بر روی گردوغبار موجود در هوای تنفسی در کارخانه سیمان اردبیل نشان داده است که در صنعت تولید سیمان غلظت‌های گرد و غبار بیش از حد مجاز تعیین شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران بوده است.

Niqab and Habibi Mahrez (2011) به ارزیابی علائم اختلالات تنفسی و اختلالات عملکردی ریه در مواجهه

تنفسی با گردوغبار بی شکل در یک کارخانه لاستیک سازی پرداختند. نتایج نشان دادند میانگین غلظت اتمسفری گرد و غبار کربن بی شکل نیز از حد مواجهه مجاز یعنی ۳/۵ میلی گرم در متر مکعب بیشتر بود. همچنین شیوع سرفه، خلط، خس خس سینه و تنگی نفس در گروه مواجهه یافته در مقایسه با گروه فاقد مواجهه افزایش معنی‌داری را نشان داد (p<۰/۰۰۰۵). همچنین بیشتر پارامترهای عملکرد ریوی در گروه مواجهه یافته هم قبل و هم بعد از مواجهه در مقایسه با گروه مواجهه نیافته کاهش معنی داری را نشان داد. یافته-های پژوهش نشان داد که بجز متغیر سن دو گروه دارای مواجهه و فاقد مواجهه از نظر وضعیت متغیرهای مخدوش کننده‌ای نظیر وزن، قد، سابقه کار و طول مدت و شدت اعتیاد به سیگار در مقایسه با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند. بنابراین افزایش شیوع علائم بیماری‌های تنفسی در گروه دارای مواجهه در نتیجه مواجهه آن‌ها با گرد و غبار کربن بی شکل می‌باشد.

پژوهشی توسط Golbabai *et al.* (2012) با هدف ارزیابی میزان مواجهه کارگران یک کارخانه سیمان واقع در شهرستان ساوه با گرد و غبار قابل استنشاق سیمان و سیلیس کریستالی، انجام شد. نتایج نشان داد میزان مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق سیمان در تمامی فرآیندهای تولید بیش از حد مجاز و در واحد اداری و کنترل عملیات کمتر از آن بود. ولی تراکم سیلیس کریستالی فقط در واحدهای آسیاب مواد و کوره بالاتر از حدود مجاز تماس شغلی بود. بیشترین مقدار مواجهه با گرد و غبار قابل استنشاق در آسیاب مواد و سیمان و در خصوص سیلیس کریستالی در واحدهای آسیاب مواد، سنگ شکن و کوره مشاهده گردید.

در مطالعه‌ی Aminian *et al.* (2012) کارکنان صنعت سیمان بررسی شدند. نتایج نشان داد شیوع علایم تنفسی شامل خس خس سینه، تنگی نفس و سرفه در گروه مواجهه در مقایسه با گروه کنترل افزایش قابل توجهی داشت. افت قابل توجه میانگین درصد شاخص های اسپیرومتری شامل FEV1/FVC، FEF 25-75، FEV1،PEF و FVC در کارگران با مواجهه با گردوغبار و سیمان مشاهده شد (p<۰/۰۵). در کارگران با مواجهه بالا شیوع بالاتر بیماری-های انسدادی راه هوایی مشاهده گردید.

Kakui *et al.* (2012) در پژوهش خود به بررسی اثرات تنفسی ناشی از مواجهه با ذرات گرد و غبار سیمان در یک کارخانه سیمان واقع در گناباد پرداختند. نتایج نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین متغیرهای مؤثر بر شاخص‌های اسپیرومتری مثل سن، جنس، قد، وزن، سابقه کار و سابقه مصرف سیگار در بین گروه‌های شغلی وجود نداشت. بنابراین کاهش در متغیرهای عملکرد ریوی ناشی از مواجهه با گرد و غبار سیمان بوده است. همچنین با توجه به آزمون‌های آماری متغیرهای PEF، FEV1 و FVC کاهش معنی داری را در گروه مواجهه نسبت به گروه غیر مواجهه نشان داده و همچنین افراد دارای عملکرد ضعیف تنفسی در گروه مواجهه به طور معنی داری بیش‌تر از گروه غیر مواجهه بود. همچنین شانس وجود علائمی نظیر سرفه توام با خلط و خس خس سینه در افراد مواجهه یافته به طور معنی داری بیشتر از افراد مواجهه نیافته بوده است(p<0/05).

در مطالعه‌ای دیگر Naqab *et al.* (2012) به بررسی اثرات ذرات گردوغبار یکی از سدهای در حال احداث استان فارس بر سلامت تنفسی کارگران پرداختند. یافته‌ها نشان دادند غلظت گردوغبار دولومیت بسیار بیش از حد مجاز مواجهه شغلی با این ماده برآورد گردید. فراوانی تمامی علائم تنفسی در افراد مواجهه یافته بیشتر از گروه مرجع بوده و این تفاوت از نظر آماری معنی‌دار بود (p < ۰/۰۵). اکثر پارامترهای عملکرد ریه در گروه دارای مواجهه کمتر از گروه مواجهه بود.

در پژوهشی Giyahi *et al.* (2014) به ارزیابی رابطه بین مواجهه با آلاینده‌های تنفسی و ظرفیت‌های عملکرد ریوی کارکنان در یک صنعت فولاد پرداختند. طبق نتایج به‌دست آمده اختلاف معنی‌داری بین میانگین سن و سابقه کار در دو گروه در معرض مواجهه و بدون مواجهه مشاهده نگردید،

اما میزان علائم ریوی، میزان افت ظرفیت‌های عملکرد ریوی در افراد دارای مواجهه به شکل قابل توجهی از افراد دیگر بالاتر بود.

Fell *et al.* (2003) در مطالعه مقطعی کنترل شده اثر قرار گرفتن در معرض گرد و غبار سیمان بر علائم تنفسی و عملکرد تهویه در کارگران کارخانه سیمانی در نروژ را مطالعه نمودند و اطلاعاتی در مورد علائم تنفسی در سال ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹ ارائه دادند. نتایج نشان دادند شیوع بیماری انسداد ریه در گروه در معرض مواجه با گردوغبار ۱۴/۳ درصد و در گروه شاهد ۱۴ درصد بود. بنابراین این یافته‌ها این فرضیه را که قرار گرفتن در معرض گردوغبار سیمان تأثیر منفی بر عملکرد ریه می‌گذارد یا باعث افزایش علائم تنفسی می‌شود، را پشتیبانی نمی‌کند.

در مطالعه‌ای که توسط Abdul-Wahab (2006) انجام گرفت، هدف از این مطالعه ارزیابی تأثیر انتشار ذرات فراری از یک کارخانه سیمان بر روی یک جامعه مجاور بود. تاثیر گرد و غبار ناشی از کارخانه سیمان بر روی سه خانه مسکونی موجود با استفاده از مدل کیفیت هوا پیش‌بینی شد. میزان انتشار گرد و غبار از فعالیت‌های مختلف کارخانه سیمان با استفاده از تکنیک عوامل انتشار برآورد شد.

یک مطالعه مقطعی و ترکیبی در کارخانه سیمانی در اتیوپی انجام شد. بیشترین میانگین مواجهه با گردوغبار هندسی در بخش سنگ‌شکن (۳۸.۶ میلی‌گرم در متر مکعب) و پس از آن در قسمت بسته‌بندی (۱۸.۵ میلی‌گرم در متر مکعب) و بخش حفاظت (۰.۴ میلی‌گرم در متر مکعب) مشاهده شد. بیشترین شیوع علائم تنفسی در کارگران در معرض خطر شامل بینی گرفته (۸۵٪)، تنگی نفس (۴۷٪) و عطسه (۴۵٪) بود (Zeleke *et al.*, 2010).

در مطالعه دیگری، اثرات آلاینده‌ها کارخانه سیمان بر بیماری‌های تنفسی در مناطق غربی ترکیه مورد بررسی قرار گرفت. غلظت‌های روزانه PM10 و SO2 از چهار ایستگاه پایش کیفیت هوا استفاده شد و سوابق بستری در بیمارستان‌های استان چاناک‌قلعه توسط بیمارستان دانشگاه ۱۸ مارت برای هر گروه سنی در دوره ۲۰۱۴ تا ۲۰۱۸ ارائه گردید. بالاترین مقادیر غلظت PM10 و SO2 در فصل زمستان در ناحیه جان مشاهده شد. از بین تمام سوابق ایستگاه‌های پایش کیفیت هوا در چاناک‌قلعه، مقادیر PM10و SO2 ایستگاه جان به ترتیب در ۶۸٪ و ۷۹٪ از روزها از حد مجاز روزانه تعیین شده توسط سازمان بهداشت جهانی (WHO) فراتر رفتند (Arslan *et al.*, 2022).

Neghab and Choobineh (2007) به منظور بررسی اثرات شغلی قرار گرفتن در معرض گرد و غبار سیمان بر سیستم تنفسی مطالعه‌ای انجام دادند. کارگران در معرض کاهش قابل توجهی در پارامترهای عملکرد ریه نسبت به همتایان مرجع خود نشان دادند. در نتیجه، داده‌ها شواهد تأیید کننده‌ای را ارائه می‌دهند، در مورد این ادعا که قرار گرفتن در معرض گرد و غبار سیمان با علائم تنفسی و اختلالات عملکردی همراه است.

پژوهشی در سال ۲۰۱۲ جهت ارزیابی قرار گرفتن در معرض گرد و غبار سیمان و ارتباط آن با علائم تنفسی در بین کارگران در یک کارخانه سیمان در امارات متحده عربی انجام شده است. شیوع علائم تنفسی در بین کارگران در معرض بیشتر بود. مشخص شد که سرفه و بلغم مربوط به قرار گرفتن در معرض گردوغبار، گرد و غبار تجمعی و عادت سیگار کشیدن است، در حالی که برونشیت مزمن مربوط به عادت سیگار کشیدن است. تعداد معدودی از کارگران کارخانه (۱۹/۵ درصد) که به طور مداوم از ماسک استفاده می کردند شیوع علائم تنفسی کمتر از افرادی است که از آنها استفاده نمی‌کنند. سطح بالای گرد و غبار تنها متغیری بود که کارگران را به استفاده مداوم از ماسک تحت تأثیر قرار داد. توصیه گردید اقدامات کنترلی برای کاهش گرد و غبار اتخاذ شود و کارگران باید تشویق شوند که از دستگاه-های حفاظت تنفسی در زمان کار خود استفاده کنند (Ahmed *et al.*, 2012).

یک مطالعه در رابطه با قرار گرفتن در معرض ذرات معلق در هوا به ویژه برای گرد و غبار سیمان در آزمایشگاه انجام

شد که سطوح بالای فلزات سنگین، کاهش تحرک دستگاه گوارش و متغیرهای خونی تغییر یافته را در موش‌های صحرایی در معرض گرد و غبار سیمان نشان داد. ۳۰ موش صحرایی نر مورد استفاده در این مطالعه به ۳ گروه (n=۱۰) تقسیم شدند. گروه ۱ گروه شاهد، در حالی که گروه ۲ و ۳ به ترتیب ۱۴ روز و ۲۸ روز در معرض گرد و غبار سیمان قرار گرفتند. علائم بالینی سمیت، غلظت فلزات سنگین بافتی و تغییرات وزن بدن (BW) را ارزیابی کردند (Owonikoko *et al.*, 2021).

Paluchamy *et al.* (2021) به بررسی انتقادی منابع مختلف تولید گرد و غبار در معادن فلزی زیرزمینی کاملاً مکانیزه می‌پردازند. علاوه بر این، طبقه‌بندی، ویژگی‌ها، اثرات بهداشتی و دستورالعمل‌های قانونی گرد و غبار در معادن فلزی زیرزمینی را مورد بحث قرار می‌دهد.

مطالعه‌ای مقطعی در کارخانه سیمان ارگخانچی در نپال بر روی ۱۹۰ کارگر با حداقل سابقه کار ۱ سال انجام شد. برای جمع آوری داده‌ها از روش سرشماری استفاده شد. برای ارزیابی علائم تنفسی، نمونه‌های خلط جمع آوری شد. یافته‌ها نشان داد شیوع علائم تنفسی مرتبط با کار ۳۱.۶ درصد بود که سرفه مزمن (۱۸.۹ درصد) شایع‌ترین بود. مشکلات پوستی (۲۴.۲٪) و چشمی (۲۱.۶٪) شایع‌ترین مشکلات سلامتی بودند. سن، نه سال‌های کار، کار در بخش مواد اولیه، بخش مشعل و کلینکر و بخش نظافت عوامل خطر مهم بودند(Paudel *et al.*, 2022).

در مطالعه Li *et al.* (2023)، که در کشور چین انجام شد، مشخص شد که ایمنی تولید و سلامت کارگران در محل به شدت تحت تأثیر آلودگی گردوغبار در معادن است. علاوه بر این، این تحقیق به بررسی مشکلات توسعه کنترل گردوغبار در چین پرداخته است. در نهایت، پیشنهادات ارزشمندی برای توسعه آتی در زمینه اقدامات غبارزدایی در معادن فلزی ارائه شده است. به طوریکه نتایج قابل تاملی برای استخراج سبز در چین فراهم می‌کند (Gang *et al.*, 2023).

مطالعه‌ای در امریکا توسط Çiğdem Keleş *et al.* (2023) انجام شد که مجموعه داده‌ای شامل یک کتابخانه تصویری از ۲۸۲ ذره سیلیس قابل تنفس ارائه داد. ذرات در نمونه‌های گرد و غبار معدن زغال‌سنگ قابل تنفس جمع‌آوری‌شده در معادن زیرزمینی متعدد ایالات متحده شناسایی شدند و نمونه‌های آزمایشگاهی گرد و غبار قابل تنفس تولید کردند. آن مجموعه داده می‌توانست درک ذرات سیلیس قابل تنفس واقعی را در محیط‌های معدن زغال‌سنگ نشان دهد. مجموعه داده زمینه ارزشمندی را برای طراحی و تفسیر تحقیقات مربوط به: مطالعات قرار گرفتن در معرض سیلیس قابل تنفس، تجزیه و تحلیل نمونه و تکنیک‌های نظارت، یا کنترل گرد و غبار فراهم کرد.

سیمان‌ها بسته به نوع کاربردشان، چگونگی فرآیند ترکیب و درصد مواد خام و همچنین واکنش و رفتارشان در زمان استفاده تقسیم بندی می‌شوند که می‌توان به انوع تیپ یک تا پنج، پوزولانی، سفید، رنگی و بنایی اشاره کرد. این موضوع که کارخانجات صنعت سیمان کدام نوع آن را تولید کنند تفاوتی چندانی در نوع آلاینده‌ای که به واسطه تولید سیمان وارد محیط می‌شود، ایجاد نمی‌کند. به طور کلی آلاینده‌های هوا در صنایع سیمان به دو گروه آلاینده های فیزیکی و شیمیایی تفکیک می‌شوند. آلاینده‌های فیزیکی اغلب شامل گرد وغبارهای حاصل از فعالیت‌هایی چون: بارگیری مواد اولیه با کامیون از معدن به طرف کارخانه، سنگ شکنی مواد اولیه، آسیاب نمودن مواد خام و کلینکر، کوره‌های پخت مواد و پیش گرم کن است و همچنین آلودگی‌های صوتی است که ناشی از فعالیت‌های صنعت هستند را شامل می‌شود. از مهمترین آلودگی‌های شیمیایی فرایند تولید سیمان اکسیدهای ازت و دی اکسید سولفور است.

مواد و روش‌ها

اسپیرومتری متدی معمول جهت تعیین و ثبت ظرفیت تنفسی شش‌ها می‌باشد. می‌توان از اسپیرومتری به صورت دوره‌ای جهت ارزیابی عملکرد ریه افراد دچار بیماری مزمن

و کارگران در معرض بیماریهای ریوی استفاده کرد (Hankinson, 2010).

به طور قراردادی اسپیرومتر دستگاهی است که جهت اندازه‌گیری حجم‌های دمی و بازدمی در طول زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد و از این‌ها می‌توان محاسبه نمود که چگونه ریه‌ها به طور مؤثر و سریع پر و خالی می‌شوند. یک اسپیروگرام یک منحنی حجم - زمان است. این یک راه قابل اعتماد برای افتراق بین اختلالات انسدادی راه‌های هوایی و بیماری های محدودکننده که در آن حجم ریه‌ها کاهش می‌یابد، از افراد سالم می‌شود. موقعی که از اسپیرومتر ساده استفاده می‌گردد کلیه شاخص‌های عملکردی تهویه شامل دمای بدن، فشار، درجه‌ی اشباع پذیری بخار آب باید در بدن گزارش شوند. اگر این اعمال انجام نشوند نتیجه‌ی واقعی آشکار نخواهد شد، زیرا وقتی بدن در حالت دم کرده قرار گرفته باشد و به یک اسپیرومتری سرد بدمد حجم ثبت شده توسط اسپیرومتری کمتر از حجم واقعی است (Bellamy, 2005).

اسپیرومتری به منظور شناسایی بیماری و تعیین شدت آن، تعیین محرک آغازگر آسم، کنترل سیر بیماری، ارزیابی پاسخ به درمان، ارزیابی های قبل از اعمال جراحی انجام می‌شود (Niosh, 2004). شواهد نشان می‌دهد که آزمایشات فیزیکی و تاریخچه‌ی بیماری‌های افراد برای تشخیص صدمات خفیف و یا متوسط انسدادی تهویه کافی نمی‌باشد. اسپیرومتری تستی است که به دلیل دارا بودن اطلاعات مفید و ارزشمند برای تشخیص این بیماری ترجیح داده می‌شود. مطالعه‌ی بهداشت ریه اولین پژوهشی بود که گزارش کرد معرفی به موقع و درمان در اشخاص سیگاری می‌تواند بر روی سوابق طبیعی تأثیرگذار باشد (Anthonisen *et al.*1994).

در آزمایشات و مطالعات اسپیرومتری مقدار هوایی که می‌توان دم و بازدم کرد اندازه گیری می‌شود. همچنین سرعت عمل دم را مورد سنجش قرار می‌دهد. مقادیر نشان دهنده بوسیله اسپیرومتری اگر کمتر از حد متوسط باشد نشان دهنده این امر است که ریه‌ها عملکرد خوبی ندارند.

در کار با دستگاه اسپیرومتری با اصطلاحاتی روبه رو هستیم که شامل موارد زیر می‌شود:

۱. ظرفیت کل ریوی (Total Lung Capacity) یا TLC: عبارت است از حداکثر میزان هوایی است که ریه‌ها می‌توانند در خود جا دهد که مجموع RV و VC می‌باشد.
۲. ظرفیت حیاتی (Vital Capacity) یا VC: حداکثر حجم هوایی است که می‌توان بعد از یک دم بسیار عمیق به بیرون فرستاد.
۳. ظرفیت دمی (Inspiratory Capacity) یا IC: حداکثر حجم هوایی است که می‌توان در پایان یک بازدم معمولی وارد ریه‌ها نمود.
٤. ظرفیت باقیمانده عملی یا عملکردی (Functional Capacity Residual) یا FRC: میزان حجم از هوایی است که بعد از یک بازدم معمولی، هنگامی‌که ریه‌ها و قفسه سینه در وضعیت استراحت قرار گرفته‌اند، در داخل ریه‌ها باقی می‌ماند.
٥. حجم جاری (Tidal volume) یا TV: حجم هوایی می‌باشد که در هر دم یا بازدم معمولی به ریه وارد یا خارج می‌شود.
٦. حجم ذخیره دمی (Inspiratory Reserve Volume) یا IRV: در انتهای یک دم معمولی به حداکثر حجم هوایی که بتوان وارد ریه‌ها کرد، گفته می‌شود.
۷. حجم ذخیره بازدمی (Expiratory Reserve Volume) یا ERV: در انتهای یک بازدم معمولی حجمی از هواست که بتوان از ریه‌ها خارج نمود.
۸. حجم باقیمانده (Residual Volume) یا RV: حجمی از هوا می‌باشد که در پایان یک بازدم بسیار عمیق درون ریه‌ها باقی می‌ماند.
۹. ظرفیت حیاتی اجباری (با فشار) (Forced Vital Capacity) یا FVC: حجمی از هوا است که بدنبال

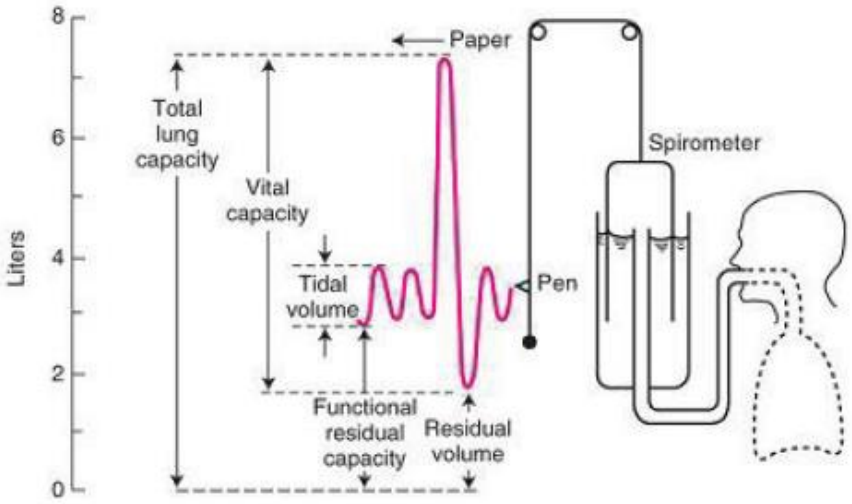
یک دم عمیق می‌توان با حداکثر توان و با شدت هرچه بیشتر از ریه‌ها خارج نمود.

۱۰. حجم بازدمی اجباری (FEV (Forced Expiratory Volume: عبارت است از حداکثر حجم هوایی که ممکن است در یک زمان خاص موقع بازدم از ریه ها خارج گردد.

۱۱. FEV1) Forced Expiratory Volume in First - Second): مقدار هوایی است که طی اولین ثانیه بازدم اجباری و پر فشار که پس از TLC شروع می‌گردد، از ریه‌ها خارج می‌شود.

۱۲. درصد FEV1/FV : عبارت است از کسری از ظرفیت حیاتی که می‌توان آن را در ثانیه اول در طی بازدم از ریه خارج نمود یا نسبت FEV1 به ظرفیت حیاتی اجباری .

۱۳. Maximum Ventilatory Volume (MVV): به حداکثر تنفس ارادی به شکل سریع و عمیق در یک بازه مشخص (مثلا دوازده ثانیه) گفته می‌شود. به این متغیر حداکثر ظرفیت تنفسی (MBC) گفته می‌شود. حجم‌ها و ظرفیت‌های ریوی برای همه افراد یکسان نیستند و بسته به سن، جنس، نژاد، قد و وزن متفاوت می‌باشد که به آن Predicted (مقادیر پیش بینی شده) اطلاق می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- اندازه‌گیری ظرفیت‌ها و حجم‌های ریوی با استفاده از یک اسپیرومتر ساده (West, 2008)

Fig. 1- Measuring lung capacities and volumes using a simple spirometer (West, 2008)

دستگاه ها و تجهیزات مورد استفاده در تحقیق

- دستگاه تنفس سنج اسپیرومتری Spiro tablII محصول کمپانی MIR ایتالیا - ترازو (مدل CB 3K ساخت شرکت KERN آلمان)

- کاغذ اسپیرومتری (محصول شرکت MIR کشور ایتالیا)

- دهانی یکبار مصرف (محصول شرکت MIR کشور ایتالیا)

انتخاب جمعیت و نحوه نمونه برداری

در پژوهش حاضرتعداد ۱۳۸ نفر از کارکنان شاغل در صنعت سیمان کرمانشاه از نظر شاخص‌های اسپیرومتری مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. افراد به سه گروه مواجهه با سیمان، مواجهه با سیلیس و گروه غیرمواجهه تقسیم شده‌اند. افراد سه گروه از نظر وزن، شاخص توده بدنی، جنسیت و وضعیت سیگاری بودن مقایسه شده و معنی‌داری آماری سنجیده می‌شود. همچنین شاخص های اسپیرومتری در گروه‌های مواجهه شده با گروه غیرمواجهه مقایسه می‌شود.

مطالعه حاضر به روش کوهرت گذشته‌نگر در صنایع سیمان شهرستان کرمانشاه در سال ۱۳۹۸ صورت گرفت. افراد شرکت کننده در مطالعه از بین افرادی با حداقل یک سال سابقه کار در صنعت سیمان با رعایت نسبت شاغلین هر بخش (سنگ شکن، سالن خاک، بسته بندی، بارگیری.. و

اداری) انتخاب و از نظر میزان مواجهه با ذرات گرد و غبار و سیلیس مورد بررسی قرار گرفتند. پس از هماهنگی با مسئولین صنعت مورد نظر و اخذ رضایت آگاهانه از کارگران، ابتدا با استفاده از پرسشنامه از طریق مصاحبه اطلاعات دموگرافیک، وضعیت شغلی، جنسیت، مصرف سیگار، استفاده از وسایل محافظت تنفسی، سابقه بیماری‌های تنفسی کارکنان ثبت گردید.

اندازه گیری

قد با روش استاندارد و در حالت ایستاده بدون کفش و با حساب نیم سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. وزن توسط ترازویی که برای هر نفر در آن تنظیم می‌شد، اندازه‌گیری شد. اشخاص در موقعیت ایستاده بدون کفش و بدون پوشش لباس ضخیم وزن شدند.

انتخاب مقادیر مرجع مناسب

مقادیر مرجع، مقادیری می‌باشند که حجم‌ها و جریان‌های ریوی در هر شخص با آن مقادیر قیاس گردیده و نرمال یا غیرنرمال بودن آنها معین می‌شود و براین اساس الگوهای طبیعی و غیرطبیعی عملکرد ریه در اشخاص تشخیص داده می‌شوند، مقادیر مرجع به عوامل سن، جنس، قد و نژاد بستگی دارند. مقادیر مرجع ویژه هر شخص بعد از انتخاب نوع مقدار مرجع و ثبت کردن چهار فاکتور ذکر شده به شکل اعداد پیش‌بینی شده در دستگاه به نمایش درآمده و مقادیر اندازه گیری شده با اعداد مورد انتظار قیاس می‌شوند و به شکل درصدی از مقدار مورد انتظار نشان داده می‌شوند. بهتر است در اسپیرومترهای انجام شونده در هر کشور یا نژاد از مقادیر مرجع مربوط به همان کشور یا نژاد استفاده شود، اما با توجه به نبود مقادیر مرجع ایران در اکثر دستگاه-های اسپیرومتری و بالطبع عدم امکان انتخاب آنها در دستگاه اسپیرومتر و با توجه به نتایج مطالعات انجام شده در مورد مقادیر مرجع در ایران مبنی بر اینکه مقادیر مرجع اسپیرومتری در نژاد ایرانی به نژاد اروپایی نزدیک بوده، توصیه می‌گردد در ایران از مقادیر مرجع ERS (ECCS) استفاده شود. انتخاب مقادیر مرجع نامتناسب در دستگاه اسپیرومتر سبب ایجاد نتایج غیرطبیعی کاذب و در نتیجه تفسیر اشتباه از عملکرد ریه می‌شود. انتخاب نوع مقدار مرجع در دستگاه‌های اسپیرومتر از قسمت تنظیمات دستگاه قابل انجام می‌باشد.

روش انجام تست

نمونه برداری از هوای منطقه تنفسی هر یک از کارگران صورت گرفت به طوریکه؛ نیم کره‌ای به قطر تقریبی ۳۰ سانتیمتر در اطراف دهان و بینی کارگر برای دو دامنهٔ قابل استنشاق و قابل تنفس به صورت مجزا انجام گرفت. ذرات قابل تنفس ذراتی هستند که از طریق دهان و بینی فرد وارد سیستم تنفسی شده و در مجاری تنفسی فوقانی ته نشین می‌شوند. نمونه‌برداری از ذرات قابل تنفس بر اساس متد ۰۵۰۰ (6,32) NIOSH- با یک فیلتر PVC با قطر ۳۷ میلیمتر و پورسایز ۵ میکرون بر روی فیلتر هولدرIOM و پمپ نمونه‌برداری فردی SKC با دبی ۲ لیتر بر دقیقه انجام گرفت.

ذرات قابل استنشاق کسری از ذرات معلق هستند که قادر به نفوذ با ناحیه تبادل گازی(آلوئول) هستند. نمونه برداری از ذرات قابل استنشاق بر اساس متد NIOSH 0600 با فیلتر PVCبا قطر ۲۵ میلی‌متر و پورسایز ۵ میکرون بر روی سیکلون آلومینیومی(SKC Aluminum Cyclone) و پمپ نمونه‌برداری فردی SKC با دبی ۱/۷ لیتر بر دقیقه انجام شد (NMAM, 1998). پمپ مورد استفاده برای هر دبی، با استفاده از فلومتر حباب صابون کالیبره شده بود. تمامی توزین‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتالی AND مدل GR-200 کالیبره و با دقت ۰.۰۰۰۱ گرم انجام شد. به منظور جلوگیری از انباشت بیش از حد بر روی فیلتر و همچنین پوشش مناسب شیفت کاری ۸ ساعته، نمونه‌برداری برای هر فرد در یک بازه زمانی ۴ ساعته که نماینده کلیه فعالیت‌های کاری فرد در طول شیفت کاری بود انجام گرفت.

برای حذف عوامل ایجادکننده خطای نمونه برداری و تجزیه در طول نمونه‌برداری به ازای هر ۵ نمونه، یک نمونه شاهد در نظر گرفته شد. همه فیلترها قبل از توزین و نمونه‌برداری،

به‌مدت ۲۴ ساعت درون دسیکاتور حاوی سیلیکاژل گذاشته شد تا رطوبت احتمالی آنها گرفته شود. بعد از پایان زمان نمونه‌برداری، فیلترها مجدداً به مدت ۲۴ ساعت داخل دسیکاتور قرار گرفت و سپس فیلتر سه بار وزن شده و میانگین وزن ثانویه آن تعیین شد. در مرحله‌ی بعدی اسپیرومتری برای کلیه افراد شرکت کننده در مطالعه طبق معیارATS و در شرایط برابر در زمان ظهر بعد از شیفت کاری ۸ ساعته توسط فرد مطالعه کننده انجام گرفت.

روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

برای آنالیز داده‌ها از نرم افزار SPSS با نسخه ۲۲ بهره گرفته شد و بر حسب نوع متغیرها از تست‌های آماری مناسب مانند Chi-square و t-test استفاده شد. همچنین سطح معناداری P <۰/۰۵ در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

این مطالعه به صورت کوهرت گذشته‌نگر انجام گرفت و میزان شاخص ریوی ۱۳۸نفر از کارکنان در سه گروه مواجهه یافته با سیلیس و سیمان و گروه کنترل (مواجهه نیافته) هدف پایش قرار گرفت. همچنین میزان گرد و غبار سیمان و سیلیس در واحدها به صورت قرائت مستقیم ارزیابی گردید.

نرمالیتی داده‌ها

نرمالیتی داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف چک گردید. نتایج آزمون نشان داد که تمامی داده‌های مورد اندازه گیری نرمال می‌باشند و آزمون‌های پارامتری برای تحلیل نتایج هدف مورد استفاده قرار گرفت.

اطلاعات دموگرافیک جمعیت هدف مطالعه

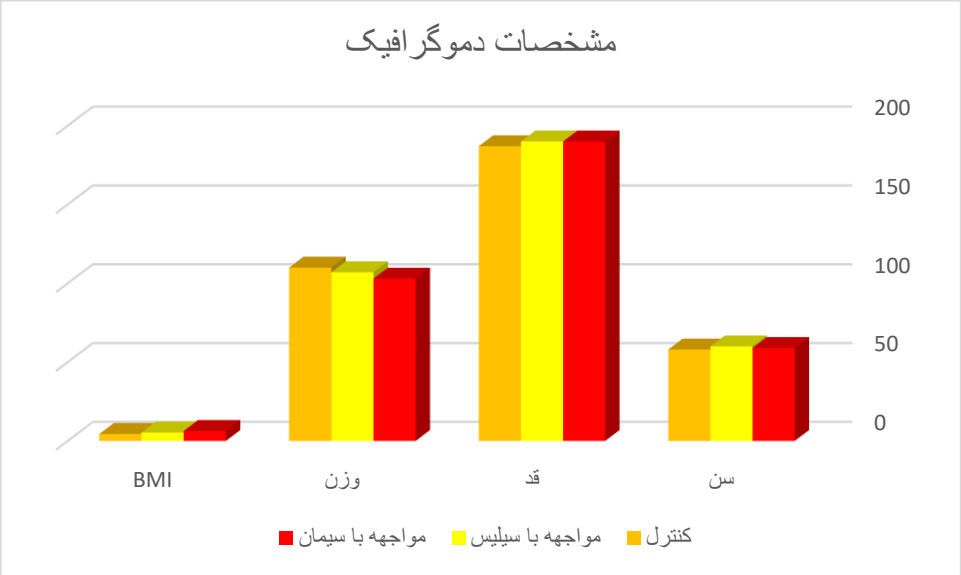
اطلاعات دموگرافیک افراد به تفکیک گروه‌ها در سه گروه مواجهه با سیلیس و سیمان و گروه کنترل مورد بررسی قرار گرفت. جهت مقایسه متغیرهای کمی دموگرافیک از آزمون آنالیز واریانس یکطرفه[1] استفاده شد. نتایج نشان داد که میان گروه هدف (گروه مواجهه یافته با سیلیس و سیمان) و کنترل (گروه مواجهه نیافته) به ترتیب با میانگین سنی ۴۲/۵، ۴۳/۳ و ۴۶/۸ سال تفاوت معنی‌داری به لحاظ سنی و قد وجود دارد (P = ۰/۰۱۲، P = ۰/۰۳۷). از آنجائی که متغیر سن و قد در شاخص‌های ریوی اعمال و تعدیل می-شود

تفاوت معنی دار مشاهده شده تأثیری در شاخص‌های ریوی ندارد. همچنین در پارامترهای وزن، BMI بین گروه مواجهه با سیلیس و سیمان با گروه کنترل اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد(جدول ۱) (شکل ۲).

جدول ۱- مشخصات دموگرافیک افراد

Table1. Demographic characteristics of people

	هدف(۹۲) target(92)						کنترل(۴۶) Control (46)						P-value
مشخصات Specifications	مواجهه با سیلیس Silica-Exposed				مواجهه با سیمان Cement - Exposed								
	میانگین Average	انحراف معیار Standard Deviation	ماکزیمم Maximum	مینیمم Minimum	میانگین	انحراف معیار	ماکزیمم	مینیمم	میانگین	انحراف معیار	ماکزیمم	مینیمم	
سن Age	42.5	8.3	59	26	43.3	7.2	60	28	46.8	5.8	58	34	0.012
قد Height	173.4	7.9	190	156	170.2	9.4	190	145	169.2	6.4	187	155	0.037
وزن Weight	81.07	11.26	103	56	79.48	11.9	107	58	80.6	12.4	110	59	0.800
BMI	26.9	3.2	34.6	20.9	27.4	3.5	36.5	21.6	28.1	4.1	42.4	21.1	0.269



شکل۲- مقایسه اطلاعات دموگرافیک در سه گروه

Fig. 2- Comparison of demographic information in three groups

۸۹/۱ درصد افراد (۴۱نفر) در گروه کنترل وگروه مواجهه یافته با سیمان مرد و ۱۰/۹ درصد (۵ نفر) زن می باشند و در گروه مواجهه یافته با سیلیس نیز ۹۵/۷ درصد (۴۴نفر) مرد و۴/۳ درصد (۲نفر) زن می‌باشد. توزیع زن و مرد در سه گروه تفاوت معنی دار آماری نشان نداد.

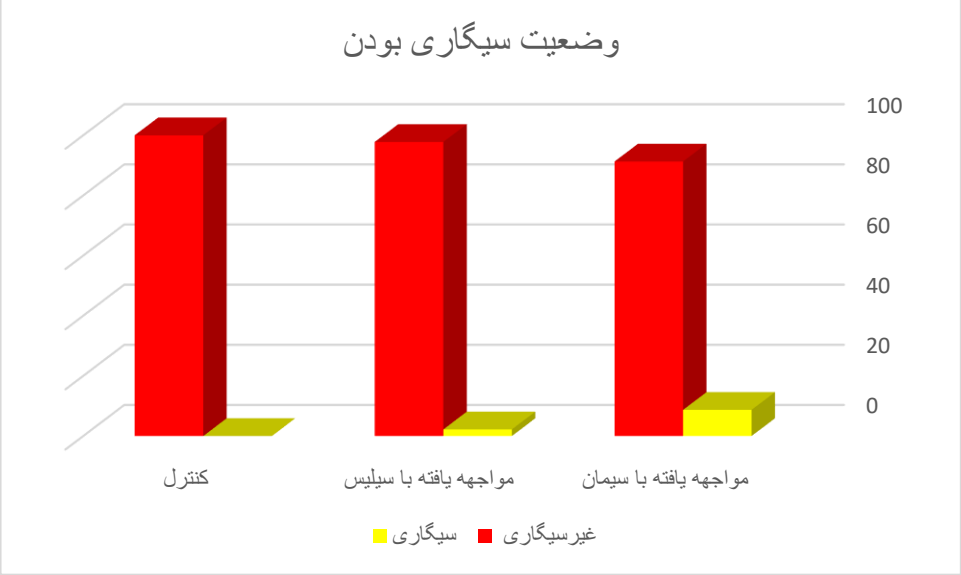
میانگین سابقه مواجهه در گروه مواجهه با سیلیس و گروه مواجهه با سیمان به ترتیب برابر با ۷/۱ ± ۱۳/۸، ۷/۴ ± ۱۵/۱ می‌باشد. آزمون تی تست، نشان داد که اختلاف بین دو گروه مواجهه با سیلیس و گروه مواجهه با سیمان از نظر سال‌های مواجهه معنی‌دار نمی‌باشد(P = ۰/۳۹).

۲/۲ درصد (۱نفر) از گروه مواجهه یافته با سیلیس سیگاری و ۹۷/۸ درصد(۴۵ نفر) غیر سیگاری بودند. درگروه مواجهه یافته با سیمان نیز ۸ /۷ درصد (۴نفر) سیگاری و ۹۱/۳ درصد (۴۱نفر) غیر سیگاری بودند. در گروه کنترل ۱۰۰درصد افراد غیر سیگاری بودند. برای مقایسه میزان مصرف سیگار در سه گروه از آزمون کای دو استفاده شد ولی به علت اینکه شرایط انجام این تست وجود نداشت دو گروه هدف ادغام شد و برای ادغام دو گروه هدف با استفاده از آزمون فیشر مقایسه مصرف سیگار در دو گروه هدف صورت گرفت و تفاوت معنی دار آماری بین دو گروه وجود نداشت(P=۰/۱۸۱) لذا دو گروه هدف ادغام شد و سپس مقایسه با گروه کنترل با استفاده از آزمون فیشر انجام شد و تفاوت معنی دار آماری نشان نداد(P= ۰/۱۲) (جدول ۲) (شکل ۳).

جدول۲- وضعیت سیگاری بودن (درصد (تعداد))

Table2. Smoking status (percent (number))

مشخصات Specifications	هدف Target		کنترل (۴۶) Control (46)	
	مواجهه یافته با سیلیس و سیمان(۴۶) Exposed to Silica & Cement (46)	مواجهه یافته با حلال(۴۶) Exposed to Solvent (46)		P-value
سیگاری Smoker	(4)8.7	(1)2.2	(0)0	
غیرسیگاری Non-Smoker	(42)91.3	(45)97.8	(46)100	0.12
P-value	P=0.181			



شکل۳- مقایسه افراد سیگاری وغیر سیگاری در گروه ها

Fig. 3- Comparison of smokers and non-smokers in groups

دقت (ضریب تغییرات) آنالیز سیلیس کریستالی

اعتبار بخشی انجام شده جهت تعیین دقت آنالیز به صورت درون روز نمونه‌های سیلیس در ۴ مقدار برحسب میکروگرم و در چهار تکرار ساخته شد. مقدار مساحت سطح زیر پیک قرائت شده توسط دستگاه FTIR در فرمول خط منحنی کالیبراسیون قرارداده و مقدار نمونه اندازه گیری شده به دست آمد سپس بر اساس NIOSH۰۶۰۰ و NIOSH۷۶۰۲ مقدار دقت محاسبه شد (جدول ۳).

درصد بازیافت آنالیز سیلیس کریستالی

جهت تعیین درصد بازیافت، همانند تعیین دقت، چهار غلظت از نمونه‌های سیلیس (۸۰-۶۰-۴۰-۲۰) برحسب میکروگرم در چهار تکرار به صورت درون روز ساخته شد سپس مقدار بازیافت آن محاسبه گردید. نتایج در جدول۴ آمده است.

جدول۳- دقت آنالیز سیلیس کریستالی در مقادیر مختلف برحسب درصد

Table 3- Accuracy of crystalline silica analysis in different amounts in terms of percentage

80	60	40	20	جرم سیلیس کریستالی Crystalline Silica Mass
82.13	51.16	39.29	19.44	1
80.08	57.6	43.56	24.2	2
80.93	50.64	44.39	20.74	3
79.72	49.72	37.38	21.18	4
79.97	52.28	41.15	21.39	$\bar{X}$
2.32	3.6	3.36	2.02	δ
2.9	6.88	8.17	9.39	CV
	6.83			CV-Total

جدول ۴- درصد بازیافت در نمونه های سیلیس کریستالی

Table 4- Recovery percentage in crystalline silica samples

درصد بازیافت Recycling (%)	جرم سیلیس کریستالی Crystalline Silica Mass
6+100	20
3+100	40
4+100	60
1+100	80

خطای استاندارد

در این مطالعه برای تعیین خطای استاندارد آنالیز سیلیس کریستالی چهار غلظت از نمونه‌های سیلیس (۲۰-۸۰ -۶۰-۴۰ برحسب میکروگرم) در چهار تکرار به صورت درون روز ساخته شد. مقدار مساحت سطح زیر پیک قرائت شده توسط دستگاه FTIR در فرمول خط منحنی کالیبراسیون قرارداده و مقدار نمونه اندازه گیری شده به دست آمد. طبق جدول۵ خطای استاندارد کلی محاسبه شده ۴۱/۱ میکروگرم می‌باشد.

حدآشکارسازی و حد تعیین کمی آنالیز سیلیس کریستالی

ابتدا ۴ نمونه شاهد با استفاده از دستگاه FTIR قرائت شد و سطح زیر پیک‌ها مشخص شد. با استفاده از فرمول معادلـه خط منحنی استاندارد مقـدار سیلیس موجـود در هـر نمونـه بدسـت آمـد. در این مطالعه حد آشکار سازی ۱۲/۲ و حد تعیین کمی ۲۹/۵ میکروگرم بر نمونه به دست آمد.

نتایج پارامترهای جوی سنجش شده

با توجه به تاثیر شرایط جوی در میزان مواجهه شغلی، پارامترهای جوی شامل رطوبت نسبی، فشار هوا (میلی متر جیوه) و دمای هوا (سانتی‌گراد) در زمان پایش فردی شاغلین مورد سنجش قرار گرفتند و نتایج در جدول ۶ ذکر گردیده است.

نتایج پایش شاخص‌های ریوی گروه مواجهه یافته با سیلیس، گروه مواجهه یافته با سیمان و گروه کنترل

با استفاده از آزمون ANOVA شاخص‌های ریوی(FEV1%، FVC%، FEV1/FVC%، PEF%) در بین سه گروه مواجهه یافته با سیلیس، سیمان و گروه کنترل مقایسه شد. طبق جدول ۷ درمورد شاخص FEV1/FVC٪(P =۰/۴۰۹) تفاوت معنی‌دار آماری بین سه گروه نشان داده نشد و سایر شاخص‌ها با توجه به اینکه P کوچکتر از ۰/۰۵ بود نشان می‌دهد که این شاخص‌ها در یکی از گروه‌ها با گروه دیگر تفاوت دارد. لذا برای اثبات اینکه این شاخص‌ها در کدام گروه‌ها با هم تفاوت معنی‌دار دارد از آزمون تعقیبی LSD استفاده شد. با استفاده از آزمون تعقیبی LSD شاخص‌های FEV1٪،FVC٪ (P < ۰/۰۱) PEF ٪(P= ۰/۰۳) هردوگروه مواجهه یافته با سیلیس، سیمان با گروه کنترل تفاوت معنی دار آماری نشان داد.

جدول ۵- خطای استاندارد آنالیز سیلیس کریستالی در مقادیر مختلف برحسب میکروگرم
Table 5 - Standard error of crystalline silica analysis in different amounts in micrograms

جرم سیلیس کریستالی Crystalline Silica Mass	20	40	60	80
میانگین Average	21.39	41.15	52.28	79.97
انحراف معیار Standard Deviation	2.01	3.36	3.6	2.32
خطای استاندارد Standard Error	1.005	1.68	1.79	1.16
خطای کلی General Error		1.41		

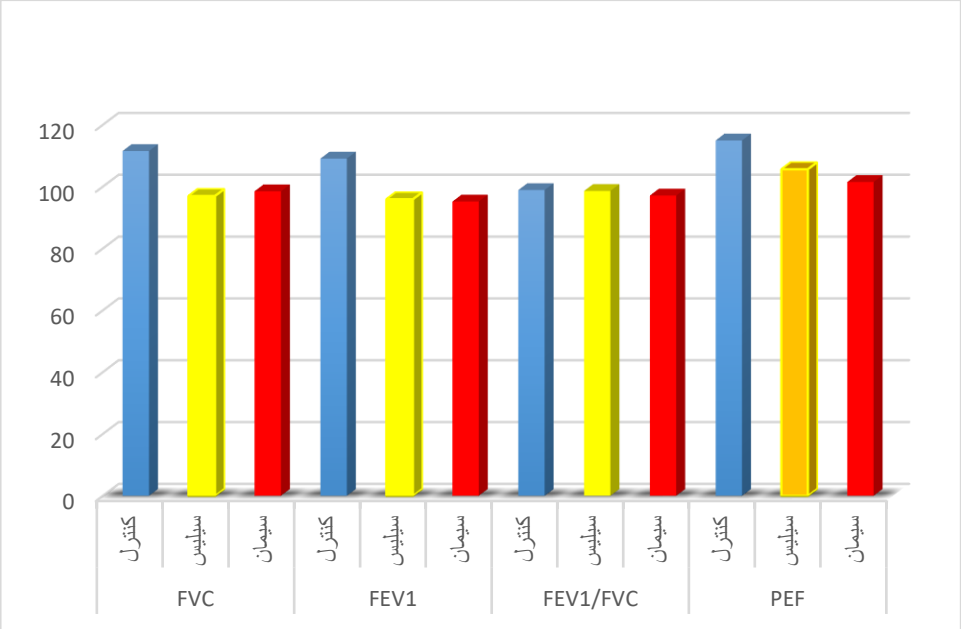
جدول ۶- نتایج پارامترهای جوی اندازه گیری شده
Table 6. The results of the measured atmospheric parameters

پارامتر جوی Atmospheric Parameter	میانگین(انحراف معیار) Mean (Standard Deviation)
RH%	(13.32)50.051
P(mmHg)	(2.181)684.78
Ta(C)	(9.36)30.64

جدول ۷- مقایسه شاخص های ریوی در سه گروه

Table 7. Comparison of pulmonary indices in three groups

نام متغیر Variable Name	گروه Group	میانگین(انحراف معیار) Mean (Standard Deviation)	حدود اطمینان Confidence limits	P-Value
FVC	کنترل Control	111.531(17.59)	106.25-116.82	<0.001
	سیلیس Silica	96.98(14.2)	92.55-101.41	
	سیمان Cement	98.5(16.3)	93.66-103.34	
FEV1	کنترل Control	109.1(16.2)	104.1-114.1	< 0.001
	سیلیس Silica	95.91(15.9)	91.2-100.63	
	سیمان Cement	95.2(14.4)	90.92-99.47	
FEV1/FVC	کنترل Control	98.91(5.4)	97.29-100.53	0.409
	سیلیس Silica	98.63(7.2)	96.51-100.75	
	سیمان Cement	97.15(6.1)	95.48-99.08	
PEF	کنترل Control	114.96(19.3)	109.16-120.75	0.03
	سیلیس Silica	105.63(19.94)	99.71-111.55	
	سیمان Cement	101.52(17.2)	96.43-106.61	



شکل ۴- مقایسه میانگین شاخص‌های ریوی در سه گروه

Fig. 4- Comparison of the average pulmonary indices in three groups

مقایسه شاخص‌های ریوی کارکنان مواجهه یافته با سیلیس و گروه کنترل

مقایسه شاخص‌های ریوی گروه مواجهه یافته با سیلیس و گروه کنترل نشان داد که تمامی شاخص‌های ریوی در گروه مواجهه یافته با سیلیس کمتر از گروه کنترل می‌باشد و آزمون تعقیبی LSD نیز نشان داد این اختلاف بین پارامتر FEV1%، FVC% (P<۰/۰۰۱) و PEF% (P=۰/۰۲) معنی‌دار می‌باشد(جدول۸).

مقایسه شاخص‌های ریوی کارکنان مواجهه یافته با سیمان و گروه کنترل

مقایسه شاخص‌های ریوی گروه مواجهه یافته با سیمان و گروه کنترل نشان داد که تمامی شاخص‌های ریوی در گروه مواجهه یافته با سیمان کمتر از گروه کنترل می‌باشد وآزمون تعقیبی LSD نیز نشان داد این اختلاف بین پارامتر FEV1%، FVC% (P<۰/۰۰۱) و PEF% (P=۰/۰۱) معنی‌دار می‌باشد (جدول۹).

مقایسه شاخص‌های ریوی کارکنان مواجهه یافته با سیلیس و سیمان

مقایسه شاخص‌های ریوی در دو گروه هدف (سیلیس و سیمان) با استفاده از آزمون تعقیبی LSD اختلاف هیچ یک از شاخص‌های ریوی معنی‌دار نمی‌باشد (جدول ۱۰).

جدول۸- مقایسه شاخص های ریوی در گروه مواجهه یافته با سیلیس و گروه کنترل

Table 8. Comparison of pulmonary indices in the group exposed to silica and the control group

P-Value	کنترل Control				مواجهه یافته با سیلیس Exposed to Silica				شاخص Indicator
	کمترین Minimum	بیشترین Maximum	انحراف معیار Standard Deviation	میانگین Average	کمترین Minimum	بیشترین Maximum	انحراف معیار Standard Deviation	میانگین Average	
<0.001	80	160	17.6	111.1	63	139	14/9	96.9	FVC%
<0.001	79	156	16.6	108.7	55	138	15.8	95.9	FEV1%
0.02	77	164	19.2	114.9	52	155	19.9	105.6	PEF%

جدول۹- مقایسه شاخص های ریوی درگروه مواجهه یافته با سیمان وکنترل

Table 9. Comparison of pulmonary indices in the group exposed to cement and control

P-Value	کنترل Control				مواجهه یافته با سیمان Cement-Exposed				شاخص Indicator
	کمترین Minimum	بیشترین Maximum	انحراف معیار Standard Deviation	میانگین Average	کمترین Minimum	بیشترین Maximum	انحراف معیار Standard Deviation	میانگین Average	
<0.001	80	160	17.6	111.1	67	141	16.3	98.5	FVC%
<0.001	79	156	16.6	108.7	67	126	14.4	95.2	FEV1%
0.01	77	164	19.2	114.9	72	157	17.1	101.5	PEF%

جدول ۱۰- مقایسه شاخص های ریوی در گروه مواجهه یافته با سیلیس و سیمان

Table 10. Comparison of pulmonary indices in the group exposed to silica and cement

P-Value	سیلیس Silica				سیمان Cement				شاخص Indicator
	کمترین Minimum	بیشترین Maximum	انحراف معیار Standard Deviation	میانگین Average	کمترین Minimum	بیشترین Maximum	انحراف معیار Standard Deviation	میانگین Average	
0.66	63	139	14.9	96.9	67	141	16.3	98.5	FVC%
0.83	55	138	15.8	95.9	67	126	14.4	95.2	FEV1%
0.3	52	155	19.9	105.6	72	157	17.1	101.5	PEF%

ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیلیس با سابقه مواجهه

به منظور تعیین همبستگی میان سال‌های مواجهه با سیلیس و شاخص‌های ریوی از ظریب همبستگی پیرسون استفاده شد. هیچ ارتباط معناداری میان سال‌های مواجهه و شاخص ریوی دیده نشد(جدول۱۱).

ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیمان با سابقه مواجهه

به منظور تعیین همبستگی میان سال‌های مواجهه با سیمان و شاخص‌های ریوی از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. در نتایج مربوطه هیچ ارتباط معناداری میان سابقه مواجهه و شاخص ریوی دیده نشد (جدول ۱۲).

ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیمان با غلظت سیمان

به منظور تعیین همبستگی میان غلظت سیمان و شاخص‌های ریوی از ظریب همبستگی پیرسون استفاده شد. هیچ ارتباط معناداری میان غلظت سیمان و شاخص ریوی دیده نشد(جدول۱۳).

جدول۱۱- ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیلیس با سابقه مواجهه

Table 11. Correlation between pulmonary indices of silica group with history of exposure

شاخص Indicator	سیلیس Silica					
	میانگین Average	انحراف معیار Standard Deviation	بیشترین Maximum	کمترین Minimum	P	R
FVC%	96.9	14.9	139	63	0.08	-0.26
FEVI%	95.9	15.8	138	55	0.14	-0.22
PEF%	105.6	19.9	155	52	0.86	-0.02
FVEI/FVC%	0.98	1.06	0.99	0.87	0.9	0.02

جدول ۱۲- ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیمان با سابقه مواجهه

Table 12. Correlation between pulmonary indices of the cement group with history of exposure

شاخص Indicator	سیمان Cement					
	میانگین Average	انحراف معیار Standard Deviation	بیشترین Maximum	کمترین Minimum	P	R
FVC%	98.5	16.3	141	67	0.764	0.046
FEVI%	95.2	14.4	126	67	0.905	0.018
PEF%	101.5	17.1	157	72	0.609	0.078
FEVI/FVC%	0.96	0.88	0.89	1	0.366	-0.138

جدول ۱۳- ارتباط بین شاخص‌های ریوی گروه سیمان با غلظت سیمان

Table 13. Correlation between pulmonary indices of cement group with cement concentration

شاخص Indicator	سیمان Cement					
	میانگین Average	انحراف معیار Standard Deviation	بیشترین Maximum	کمترین Minimum	P	R
FVC%	98.5	16.3	141	67	0.873	0.028
FEVI%	95.2	14.4	126	67	0.606	-0.09
PEF%	101.5	17.1	157	72	0.572	-0.99
FEVI/FVC%	0.96	0.88	0.89	1	0.457	-0.13

نتایج پایش فردی گردوغبار کلی تنفسی و سیلیس کریستالی تنفسی

پایش فردی گردوغبار کلی سیمان و سیلیس تنفسی در دو گروه شغلی تولید و بسته بندی انجام شد. گروه تولید شامل ۸۲ نفر می‌باشد و بسته بندی شامل۴۶ نفر می باشد. گروه بسته بندی در بخش تولید آجر دخالتی ندارند. نتایج حاصل در جداول ۱۴ و ۱۵ذکر گردیده است.

طبق آزمون من‌ویتنی بین میزان مواجهه با گردوغبار کلی تنفسی در کارخانه اختلاف معنی‌داری وجود دارد (P<0/001). ولی در خصوص غلظت گردوغبار سیلیس این اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد(P=0/107).

جدول ۱۴- جدول میزان مواجهه فردی با گردوغبار کلی در گروه های شغلی مورد بررسی برحسب(mg/m)

Table 14. The table of the amount of individual exposure to general dust in the studied occupational groups in terms of (mg/m)

انحراف معیار Standard Deviation	خطای استاندار Standard Error	میانگین Average	کمترین Minimum	بیشترین Maximum	گروه شغلی(n) Occupational Group(n)
23.05	4.21	28.27	1.12	85.24	تولید(82) production (82)
17.169	2.71	8.6	0.56	74.11	بسته بندی(46) Packaging (46)
p-value = 0.001					

جدول ۱۵- میزان مواجهه فردی با گردوغبار سیلیس در گروه های شغلی مورد بررسی برحسب(mg/m)

Table 15. The amount of individual exposure to silica dust in the examined occupational groups in terms of (mg/m)

انحراف معیار Standard Deviation	خطای استاندار Standard error	میانگین Average	کمترین Minimum	بیشترین Maximum	گروه شغلی(n) Occupational Group(n)
0.69	0.12	0.651	0.015	2.818	تولید(۸۲) production (82)
0.272	0.04	0.297	0.054	1.19	بسته بندی(۴۶) Packaging (46)
P-value = 0.107					

نتیجه گیری

هدف این مطالعه، پایش و ارزیابی اثرات گردوغبار صنعت سیمان بر سلامت انسان بود که با تمرکز بر صنعت سیمان کرمانشاه و با استفاده از روش اسپیرومتری برای تعیین و ثبت ظرفیت تنفسی شش‌ها انجام شد. در این مطالعه، پارامترهای مهمی مانندFVC ، FEVI، و PEF مورد بررسی قرار گرفتند. گروه‌های مورد مطالعه شامل گروه شاهد، گروه مواجهه‌یافته با سیلیس، و گروه مواجهه‌یافته با سیمان بودند. اطلاعات جمع‌آوری‌شده شامل سن، وزن، قد، و مصرف یا عدم مصرف سیگار بود.

نتایج نشان داد که تفاوت در سن و قد افراد بر شاخص‌های ریوی تأثیرگذار است؛ اما پس از اعمال تغییرات آماری، برآورد شد که این تفاوت‌ها تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های ریوی ندارند. همچنین، مقایسه‌ی مصرف سیگار بین دو گروه هدف نشان داد که تفاوت آماری معنی‌داری بین دو گروه وجود ندارد. در نهایت، شاخص‌های ریوی بین سه گروه مواجهه‌یافته و گروه شاهد مقایسه شد و ارتباط آن‌ها با توجه به سابقه‌ی مواجهه و غلظت سیمان مشخص گردید.

در مقایسه با تحقیقات مشابه، مانند مطالعه‌ای در امارات متحده عربی که نشان داد شیوع علائم تنفسی در میان کارگران سیمان بیشتر است، نتایج این پژوهش با نتایج مشابهی همراه بود که نشان‌دهنده اهمیت مواجهه‌ی شغلی با گردوغبار سیمان بر سلامت تنفسی است. علاوه بر این، تحقیق دیگری که در اتیوپی انجام شد، شیوع بالای علائم تنفسی همچون تنگی نفس و سرفه را در کارگران معادن و

کارخانه‌های سیمان نشان داد، که تأییدکننده‌ی تأثیرات منفی گردوغبار سیمان بر عملکرد ریوی کارگران است.

این مطالعات بر اهمیت اجرای اقدامات پیشگیرانه، مانند استفاده مداوم از ماسک‌های تنفسی و کاهش مواجهه با گردوغبار تأکید دارند. به عنوان مثال، در مطالعه‌ای مشابه، مشاهده شد که کارگرانی که به‌طور مداوم از ماسک‌های تنفسی استفاده می‌کردند، نسبت به کسانی که از آن‌ها استفاده نمی‌کردند، شیوع کمتری از علائم تنفسی داشتند. بنابراین، راهکارهایی که اقتصادی، قابل‌اجرا در زمان کوتاه و منطبق بر نیازها و ویژگی‌های منطقه باشند، باید به عنوان بخشی از برنامه‌های مدیریت سلامت در صنعت سیمان مورد توجه قرار گیرند.

توصیه می‌شود که مطالعات بیشتر با طراحی‌های طولی و با حجم نمونه‌های بزرگ‌تر انجام شود تا بتوان ارتباط‌های علّی دقیق‌تری بین مواجهه با گردوغبار سیمان و اثرات آن بر سلامت شاغلین را مشخص کرد. همچنین، توسعه و اجرای تکنولوژی‌های غبارزدایی نوین و بهبود شرایط تهویه و کنترل محیط‌های کاری به‌طور مستمر باید در اولویت قرار گیرد.

سپاسگزاری

نویسندگان قدردان حمایت‌های معنوی دانشکده محیط زیست - سازمان حفاظت محیط زیست و همچنین دانشکده مهندسی معدن دانشکدگان فنی دانشگاه تهران در راستای انجام و نگارش این پژوهش هستند.

پی‌نوشت

[1] ANOVAs

منابع

References

Abdul-Wahab, S. A. (2006). Impact of fugitive dust emissions from cement plants on nearby communities. Ecological Modelling, 195(3-4), 338–348.

Aminian, O., Aslani, M., & Sadegh Nit Haghighi, K. (2012). Pulmonary effects of chronic exposure to cement dust in cement industry workers. Occupational Medicine Quarterly, 4(1), 17–24. (in Persian)

Anthonisen, N. R., Connett, J. E., Kiely, J. P., Altose, M. D., Bailey, W. C., Buist, A. S., et al. (1994). Effects of smoking intervention and the use of an inhaled anticholinergic bronchodilator on the rate of decline of FEV1: The Lung Health Study. JAMA, 272(18), 1497–1505. https://doi.org/10.1001/jama.1994.03520190043033

Arslan, H., Baltaci, H., Sahin, U. A., & Onat, B. (2022). The relationship between air pollutants and respiratory diseases for the western Turkey. Atmospheric Pollution Research, 13(2), 101322. https://doi.org/10.1016/j.apr.2022.101322

Azimi, M., Mansouri, Y., Rezai Hachasu, V., Aminaei, F., MihanPour, H., & Zare Sakhvidi, M. J. (2018). Assessment of respiratory exposure of workers with airborne particles in a ceramic tile industry: A case study. TKJ, 10(1), 45–53. (in Persian)

Baig, N. N., & Aleem, S. A. (2016). Occupational hazards among dental surgeons in Karachi. *Journal of the College of Physicians and Surgeons-Pakistan: JCPSP, 26*(4), 320–322.

Bellamy, D. (2005). Spirometry in practice (2nd ed.). BTS.

Chehargani, H. (2012). Reducing dust environmental pollution in the cement industry. (in Persian)

de Kok, T. M., Driece, H. A., Hogervorst, J. G., & Briedé, J. J. (2006). Toxicological assessment of ambient and traffic-related particulate matter: A review of recent studies. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research, 613*(2-3), 103–122. https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2006.07.001

Fell, A. K., Thomassen, T. R., Kristensen, P., Egeland, T., & Kongerud, J. (2003). Respiratory symptoms and ventilatory function in workers exposed to Portland cement dust. Journal of Occupational and Environmental Medicine, 45(9), 1008–1014. https://doi.org/10.1097/01.jom.0000083031.56116.79

Giyahi, O., Darvishi, E., Sarabi, M., & Shaheswari, S. (2014). Investigating the relationship between exposure to inhaled pollutants and pulmonary function capacities of workers in a steel industry. Scientific Journal of Kurdistan University of Medical Sciences, 19, 135–145. (in Persian)

Golbabai, F., Faqihi Zarandi, A., Ibrahim Nejad, P.,

Banshi, M. R., Mohseni Teklo, H., Shokri, A. R., & Panahi, D. (2013). Evaluation of occupational exposure of workers of a cement factory to inhalable cement dust and crystalline silica. Occupational Health and Safety Quarterly, 2(1). (in Persian)

Hankinson, J. L. (2010). Performance of American Thoracic Society-recommended spirometry reference values in a multiethnic sample of adults: The multi-ethnic study of atherosclerosis (MESA) lung study. Chest, 137(1), 138–145. https://doi.org/10.1378/chest.09-0919

Hazrati, S., et al. (2009). Investigation of dust concentration in the working environment in Ardabil cement factory. Scientific Research Journal of Ardabil University of Medical Sciences, 9(4), 292–298. (in Persian)

Kakui, H., Gholami, A., Qasim Khani, M., & Hosseini, M. (2012). Occupational exposure of workers to cement dust and its effects on respiratory system performance in a cement factory. Quarterly Journal of University of Medical Sciences and Health Services Gonabad, 18(1), 60–66. (in Persian)

Li, G., et al. (2023). A review of dust control/removal methods in metal mines in China. Powder Technology, 430, 119035. https://doi.org/10.1016/j.powtec.2023.119035

Muhanga, M. (2024). Occupational health: Introduction. In Reference Module in Biomedical Sciences. Elsevier. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99967-0.00314-8

Neghab, M., & Choobineh, A. (2007). Work-related respiratory symptoms and ventilatory disorders among employees of a cement industry in Shiraz, Iran. Journal of Occupational Health, 49(4), 273–278. https://doi.org/10.1539/joh.49.273

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2004). Preventing lung disease in workers who use or make flavorings (DHHS Publication No. 2004-110). U.S. Department of Health and Human Services.

Niqab, M., & Habibi Mahrez, M. (2011). Respiratory disorders in inhalation exposure to amorphous carbon. Iran Occupational Health Quarterly, 3, 72–82. (in Persian)

Odonkor, S. T., & Sallar, A. M. (2024). Occupational health and safety knowledge, attitudes and practices among healthcare workers in Accra, Ghana. Scientific African, 24, e02130. https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2024.e02130

Owonikoko, M. W., et al. (2021). Standardized experimental model for cement dust exposure; tissue heavy metal bioaccumulation and pulmonary pathological changes in rats. Toxicology Reports, 8, 1169–1178. https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.06.004

Paluchamy, B., & Mishra, D. P. (2021). Airborne respirable dust in fully mechanized underground metalliferous mines – Generation, health impacts, and control measures for cleaner production. Journal of Cleaner Production, 296, 126524. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126524

Park, D.-U., Zoh, K. E., Jeong, E. K., Koh, D.-H., Lee, K.-H., Lee, N., & Ha, K. (2024). Assessment of occupational health risks for maintenance work in fabrication facilities: Brief review and recommendations. Safety and Health at Work, 15(1), 87–95. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2023.11.010

Paudel, L., et al. (2022). Work-related respiratory symptoms and associated factors among cement factory workers in Rupandehi district, Nepal. Safety and Health at Work, 13(Supplement), S249.

Saif Aghaei, F. (2000). Evaluation of respiratory function in workers exposed to Portland cement dust, Jajrud city. Journal of Faculty of Medical Sciences and Health Services, Sabzevar Health, 7(1). (in Persian)

Salem, M., Rashidi Jahan, H., & Tavakoli, R. (2014). Study of work-related diseases among staff of a hospital in Tehran. Journal of North Khorasan University of Medical Sciences, 6(1), 71–79.

Sarkheil, H., Tahery B., Rayegani B., Ramezani J., Goshtasb H., & Jahani A. (2020). Evaluating the current status of the national health, safety and environment management system for integration, harmonization, and standardization of environmental protection. Health Risk Analysis, 1, 18–24. https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.1.02.eng

Sarkheil, H., Talaeian, M., Abbaszadeh Gorani, A., & Sadeghy Nejad, A. (2024). Hazard Identification and Process Risk Assessment at the Building Stone Processing Company through Combination of EFMEA & William Fine Methods. *International Journal of Mining and Geo-Engineering, 58*(2), 229–241. https://doi.org/10.22059/ijmge.2024.373443.595157

World Health Organization (WHO). (2016). World health statistics 2016: Monitoring health for the SDGs, Sustainable Development Goals.

This page is intentionally left blank.