Journal of North Khorasan
University of Medical Sciences
No 48, Volume 12, Issue 4

Research Article

Risk Assessment of Occupational Exposure to Cement Respirable Particles and Crystalline Silica in a Cement Factory

Akbar Ahmadi Asour [1], Milad Pouransari [2], Mahmoud Mohammadyan [3], Fatemeh Fasih Ramandi [1], Rajabali Hokmabadi [4], Rahim Akrami [5], Seyedmehdi Razavi [6,*]

[1] Ph.D Student in Occupational Health Engineering, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[2] Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Gonabad University of Medical Sciences, Gonabad, Iran
[3] Health Sciences Research Center, Addiction Institute, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran
[4] MSc, Department of Occupational Health Engineering, Health School, North Khorasan University of Medical Sciences, Bojnurd, Iran
[5] Phd Student in Epidemiology Department of Epidemiology & Biostatistice, School of Public Health , Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran
[6] Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran
*** Corresponding author:** Seyedmehdi Razavi, Department of Occupational Health Engineering, School of Public Health, Sabzevar University of Medical Sciences, Sabzevar, Iran. E-mail: razavi_seyedmehdi@yahoo.com

DOI: 10.29252/nkjmd-12042

How to Cite this Article:
Ahmadi Asour A, Pouransari M, Mohammadyan M, Fasih Ramandi F, Hokmabadi R, Akrami R, Razavi SM. Risk Assessment of Occupational Exposure to Cement Respirable Particles and Crystalline Silica in a Cement Factory. *J North Khorasan Univ Med Sci*. 2021;**12**(4):10-17. DOI: 10.29252/nkjms-12042

Received: 19 Aug, 2020
Accepted: 17 Nov, 2020
Keywords:
Risk Assessment, Cement Industry, Crystalline Silica, Respirable Pparticles

Abstract

Introduction: Cement factory workers exposure to airborne particles containing crystalline silica in Portland cement chemical compound can caused pulmonary diseases, including silicosis and lung cancer. The aim of this study was to assess the risk of occupational exposure to respirable cement dust and crystalline silica in a cement factory in Khorasan Razavi province.

Methods: In this cross-sectional study conducted in 1397, the method presented by the Institute of Occupational Safety and Health of Singapore was used to assess the health risk of respirable cement and silica particles. Also, the standard method MDHS101 / 2 recommended by NIOSH was used to determine the concentration of respirable cement particles in the air of the workers' respiratory area and the X-ray powder diffraction method (XRD) was used to determine the concentration of inhalable crystalline silica particles. Stata software version 14 was used for statistical analysis of data.

Results: This study showed that most of the workers employed in various worksites of the cement factory were exposed to respirable cement dust and crystalline silica particles higher than the OEL recommended by the Iranian TCOH and the TLV recommended by ACGIH. Exposure risk assessment in different parts of cement factory showed a low risk level for respirable particles of cement in the furnace and moderate for other sections. Also a high risk level for workers' exposure to crystalline silica was found in the cement mill and very high level for workers in other sectors.

Conclusions: Employees who were working in this plant were exposed to moderate risk of cement respirable particles and high risk level of exposure to crystalline silica. Thus, the engineering control methods of exposure to respirable particles is suggested.

Copyright © 2020 The Author(s); Published by Journal of North Khorasan Medical Sciences. This is an open access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses /by-nc/4.0/) which permits others to copy and redistribute material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی
دوره ۱۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

ارزیابی ریسک مواجهه شغلی با ذرات قابل استنشاق و سیلیس کریستالی در صنعت سیمان

اکبر احمدی‌آسور [۱]، میلاد پورانصاری [۲]، محمود محمدیان [۳]، فاطمه فصیح رامندی [۱]، رجبعلی حکم آبادی [۴]، رحیم اکرمی [۵] سیدمهدی رضوی [۶*]

[۱] دانشجوی دکتری مهندسی بهدا شت حرفه ای ، گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۲] کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گناباد، گناباد، ایران
[۳] مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، پژوهشکدهٔ اعتیاد، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
[۴] کارشناس ارشد،گروه مهندسی بهداشت حرفه ای،دانشکده بهداشت،دانشگاه علومپزشکی خراسان شمالی،بجنورد،ایران
[۵] دانشجوی دکتری اپیدمیولوژی، گروه آمار و اپیدمیولوژی دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران
[۶] کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران
[*] **نویسنده مسئول:** سیدمهدی رضوی، کارشناسی ارشد بهداشت حرفه‌ای، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکدهٔ بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی سبزوار، سبزوار، ایران. ایمیل: razavi_seyedmehdi@yahoo.com

DOI: 10.29252/nkjms-12042

تاریخ دریافت: ۹۹/۵/۲۹
تاریخ پذیرش: ۹۹/۸/۲۷
واژگان کلیدی: ارزیابی ریسک ، صنعت سیمان، سیلیس کریستالی، ذرات قابل استنشاق

چکیده

مقدمه: مطالعه حاضر با هدف ارزیابی ریسک مواجهه ی شغلی با ذرات قابل استنشاق سیمان و سیلیس موجود در آن در یک واحد صنعتی تولید سیمان واقع در استان خراسان رضوی انجام شد.

روش کار: در این مطالعه مقطعی با استفاده از روش استاندارد MDHS ۱۰۱/۲ توصیه شده توسط NIOSH جهت تعیین غلظت ذرات قابل‌استنشاق سیمان در هوای منطقه تنفسی کارگران و از روش پراش سنج پودری پرتو ایکس (XRD) جهت تعیین غلظت ذرات قابل استنشاق سیلیس بلوری استفاده شد. همچنین از روش ارائه شده توسط انستیتو ایمنی و بهداشت شغلی سنگاپور به منظور ارزیابی ریسک بهداشتی ذرات قابل استنشاق سیمان و سیلیس موجود در آن استفاده شد. بر اساس پیشنهاد ECS حجم نمونه برآورد شده ۴۲ نفر محاسبه و از منطقه تنفسی نمونه برداری انجام گرفته است.

یافته‌ها: مواجهه کارگران شاغل در اکثر بخش های کارخانه سیمان مورد مطالعه با ذرات قابل استنشاق سیمان و سیلیس کریستالی بیش از مقادیر استاندارد OEL و ACGIH بوده است. نتایج مربوط به ارزیابی ریسک مواجهه کارگران در واحدهای مختلف نشان داد که سطح ریسک ذرات قابل استنشاق سیمان در قسمت کوره کم و در سایر واحدها متوسط و سطح ریسک مواجهه با ذرات قابل استنشاق سیلیس در واحد آسیاب مواد زیاد و در سایر واحدها خیلی زیاد بوده است.

نتیجه گیری: بر اساس نتایج مطالعه، کارگران صنعت سیمان مورد نظر در معرض ریسک متوسط ذرات قابل استنشاق سیمان و ریسک بالای مواجهه با سیلیس قرار دارند.

مقدمه

صنایع تولید سیمان می توانند منبع اصلی آلاینده های هوا باشند [۱]، به ویژه آلاینده هایی که از واحدهای مختلف از جمله سنگ شکن ، جرثقیل ، آسیاب خام ، کوره ، آسیاب سیمان و واحدهای بسته بندی در فرآیند تولید سیمان تولید می شوند [۲, ۳] سیمان مخلوطی از اکسید کلسیم (CaO) (۶۲-۶۶٪) ، اکسید سیلیسیم (SiO۲) (۱۹-۲۲٪) ، آلومینیوم (Al tri-oxi-de۳O۲) (۴-۸٪) ، اکسید فریک (Fe۲O۳) است. (۲-۵٪) ، اکسید منیزیم (MgO) (۱-۲٪) و همچنین سلنیوم ، تالیوم و سایر ناخالصی هاباشد . قطر آیرودینامیکی ذرات سیمان از ۰,۰۵ تا ۵,۰ میکرومتر بوده و درگروه ذرات قابل تنفس می باشد ، بنابراین به عنوان یک علت بالقوه بیماری ریه شغلی مهم است [۴].

ذرات معلق (PM) از ذرات ریز و درشت تشکیل شده است و ذرات ریز دارای قطر آیرودینامیکی کمتر از ۲,۵ میکرومتر (۲,۵PM) هستند [۴]. انتشار PM از صنعت سیمان اثرات مخربی بر سلامت انسان و محیط زیست دارد. شواهد و نگرانی های فزاینده ای وجود دارد که نشان می دهد PM از صنایع مختلف بر کارگران تأثیر می گذارد. یکی از مهمترین ذرات دخیل در تولید سیمان ، گرد و غبار تولید شده در حین حمل ، ذخیره و آسیاب است [۴]. بر اساس استاندارد سازمان بهداشت جهانی (WHO) ، مقادیر توصیه شده برای ۲,۵PM باید کمتر از ۲۵ میکروگرم در متر مکعب در روز باشد [۵] در حالیکه سطح غلظت ۲,۵PM در کارخانه های سیمان بسیار بالاتر از استاندارد موجود است [۶] با غلظت بسیار بالای ۲,۵PM در دستگاه های سنگ شکن و بسته

Copyright © 2020 The Author(s); Published by Journal of North Khorasan Medical Sciences. This is an open access article, distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses /by-nc/4.0/) which permits others to copy and redistribute material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

بندی در مقایسه با مناطق اداری و مدیریتی [۷] علیرغم منافع اقتصادی صنایع سیمان ، آسیبهای زیست محیطی ناشی از کارخانجات سیمان اجتناب ناپذیر است. این آسیبها شامل آلودگی هوا، آلودگی آبهای زیر زمینی منطقه، از بین رفتن پوشش گیاهی و ... می باشد .برخی از عواملی که سبب ایجاد آلودگی می گردند عبارتند از -1 : گرد و غبار ناشی از فرایند آسیا کردن مواد اولیه -2گازهای متصاعد شده نظیر NOxو SOx که از احتراق سوختهای مورد نیاز نظیر نفت و ذغال سنگ برای مشعل کوره حاصل می شوند -3 .عناصر سنگین موجود در مواد آهکی و رسی و همچنین سوختهای کوره که در گازهای کوره آزاد می شوند -4 .آزاد شدن یک سری مواد آلی و فلزات سمی از سوختن باطله های نفتی وارگانیکی موجود در مواد اولیه [۸].

سیلیس کریستالی یکی از متداول ترین آلاینده های هوا هم در محیط های شغلی و هم محیط زیست می باشد [۹, ۱۰] مواجهه با سیلیس کریستالی هوابرد موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان می تواند منجر به بیماری های تنفسی از جمله سل، سیلیکوزیس و سرطان ریه شود [۱۱, ۱۲] مطالعات مختلف نشان داده است که غلظت و مدت زمان مواجهه با سیلیس کریستالی از عوامل موثر در ایجاد بیماری سیلیکوزیس می باشند [۱۳] سازمانACGIH سیلیس کریستالی را جزء گروه سرطان زای A۲ (مشکوک به سرطان زایی در انسان) طبقه بندی کرده است [۱۴] آژانس بین المللی تحقیقات سرطان IARC با کسب شواهد کافی درخصوص سرطان زایی سیلیس کریستالی (کوارتز و کریستوبالیت) در انسان، آن را در دسته ی سرطان زای گروه ۱ اعلام کرده است [۱۵] حد مجاز مواجهه شغلی(TWA ۸ ساعته) با ذرات قابل استنشاق سیمان پرتلند و سیلیس موجود در این ذرات توسط کمیته ی بهداشت حرفه ای کشور ایران (ITCOH) به ترتیب ۱ و ۰,۰۲۵ میلی گرم بر متر مکعب تعیین شده است [۱۶] جوامع جهانی ، به ویژه مردم کشورهای در حال توسعه بدلیل استفاده از ماشین آلات قدیمی و منسوخ شده و تولید دود و گرد و غبار در بخشهای مختلف صنعتی با افزایش خطر بیماریهای تنفسی روبرو هستند [۱۷] علائم تنفسی در مشاغل مختلف ، به ویژه در بین کارگران تولید سیمان که در معرض محیط پرگرد و غبار قرار دارند ، به وفور یافت می شود و این کارگران از تأثیر مضر محیط کار بر سلامتی خود اطلاع کافی ندارند [۱۸].

طبق بررسی انجام شده در مورد میزان انتشار ۲,۵PM در صنایع سیمان ، کشورهایی مانند چین نسبت به مقادیر مرجع اعلام شده توسط WHO ، بیش از ۱۶۶,۸ میکروگرم در متر مکعب را به مدت ۲۴ ساعت تجربه کرده اند که منجر به بستری در بیمارستان به دلیل مشکلات تنفسی گردید [۱۹] در سطح جهان ، حدود ۳٪ از مرگ های قلبی-ریوی (cardiopulmonary) و ۵٪ مرگ و میر ناشی از سرطان ریه به PM اختصاص دارد [۴] در منطقه اروپا ، ۱٪ -۳٪ میزان مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی ریوی و ۲٪ -۵٪سرطان های ریوی به ۲,۵PM مربوط می شود. در کشورهای پیشرفته مانند بریتانیا ، سالانه حدود ۱۲۰۰۰ مرگ به دلیل بیماری های تنفسی شغلی رخ می دهد که حدود دو سوم آن به دلیل بیماری های ناشی از گرد و غبار است [۲۰] در کشورهای در حال توسعه ، به ویژه کشورهای منطقه جنوب صحرای آفریقا ، مشکلات تنفسی ششمین علت مرگ است و بیشتر این مشکلات به دلیل مواجهه با گرد و غبار می باشد که بطور عمده در کارخانه های سیمان اتفاق می افتد [۲۱].

مهم ترین ریسک فاکتور گردوغبار سیمان است که در غلظت بالا در اغلب فرآیندهای تولید سیمان آزاد می شود در مطالعه انجام شده توسط امینیان و همکاران در صنعت سیمان ، میانگین غلظت گردوغبار کل ۱۶/۵۵ میلی گرم بر مترمکعب ودر گروه در مواجهه و ۳۹/ میلی گرم بر مترمکعب در گروه کنترل بوده است . در مطالعه Mwaiselageا و همکاران در یک صنعت سیمان ، میانگین هندسی غلظت گردوغبار قابل تنفس ۴- ۲/۱۳ میلی گرم بر مترمکعب در کارگران گروه مورد و ۱- ۷/ میلی گرم بر مترمکعب در گروه کنترل بوده است [۲۲] به منظور رسیدن به اهداف بهداشتی در جهت حفاظت از نیروی کار لازم است که مواجهه ی افراد با مواد شیمیایی و خطرات ناشی از مواجهه ی با این مواد مورد بررسی دقیق قرار گیرند [۲۳] راه حل اصلی برای ارزیابی میزان خطرات مواجهه با مواد شیمیایی در محیط کار ارزیابی ریسک می باشد [۲۴] فرآیند ارزیابی ریسک یکی از راهکارهای مهم برای شناخت خطرات آلاینده های شیمیایی بوده و می تواند در تعیین اولویت های کنترلی مناسب کمک زیادی نماید. در این فرآیند میزان ریسک مواجهه با مواد شیمیایی مختلف مشخص شده و اقدامات لازم برای محافظت افراد مواجهه یافته پیشنهاد می گردد [۲۵] این فرآیند با ترکیب اطلاعات علمی در مورد خصوصیات سمی مواد شیمیایی و همچنین نتایج بدست آمده از اندازه گیری مواد شیمیایی در محیط کار می تواند اطلاعات جامع و کاملی در مورد میزان خطر و تصمیم گیری در مورد چگونگی برخورد مناسب با این خطرات بالقوه را به ما ارائه دهد [۲۶] با توجه به اینکه صنعت سیمان در ایران حدوداً ۲ درصد از اشتغال کل کشور را به خود اختصاص داده است و همچنین اهمیت فراوان سلامت نیروی کار و تاثیر سوء مواجهه شغلی با گرد وغبار سیمان و سیلیس موجود در آن بر سلامت کارگران در این صنعت ، مطالعه‌ی حاضر با هدف تعیین میزان مواجهۀ کارگران با سیلیس موجود در ذرات قابل‌استنشاق سیمان و ارزیابی ریسک نیمه کمی مواجهه با سیلیس کریستالی موجود در این ذرات در یک کارخانۀ سیمان در استان خراسان رضوی انجام شد.

روش کار

مطالعه حاضر از نوع توصیفی – تحلیلی می‌باشد که بصورت مقطعی از دی ماه سال ۱۳۹۶ تا خرداد سال ۱۳۹۷ در یک کارخانه سیمان واقع در استان خراسان رضوی انجام شد. با توجه به اینکه کل کارگران شاغل در کارخانه در معرض گرد و غبار می باشند و نظر به پیشنهاد European Committee for Standardization [۲۷] و با در نظر گرفتن مطالعات قبلی [۲۸] انحراف معیار متغیر مورد بررسی ۳/۰۴ و دامنه اطمینان ۱ در نظر گرفته شده است . لذا با ضریب اطمینان ۹۵ ٪ حجم نمونه برآورد شده ۴۲ نفر محاسبه و از منطقه تنفسی نمونه برداری انجام گرفته است .همچنین از 5 فیلتر به عنوان شاهد مورد استفاده شده است ..تعداد ۴۲ نمونه از قسمت های بارگیرخانه، آسیاب سیمان، کوره، پری هیتر، آسیاب مواد، سالن خاک و سنگ شکن گرفته شد (۶ نمونه از هر بخش). این مطالعه طی چند مرحله شامل نمونه برداری و تعیین مقدار ذرات سیمان و سیلیس ، ارزیابی ریسک مواجهه

(در ۴ مرحله ی تعیین درجه خطر HR (Hazard Rate)، تعیین درجه مواجهه (Exposure Rate)، تعیین نمره ریسک R و تعیین رتبه ریسک RR (Risk Rating) انجام گردید.

۱-نمونه برداری و تعیین مقدارذرات سیمان و سیلیس

برای نمونه برداری وتعیین وزنی ذرات قابل استنشاق از روش استاندارد MDHS ۱۰۱/۲ انستیتوی ملی بهداشت و ایمنی شغلی آمریکا و با استفاده از پمپ نمونه‌بردار فردی SKC ساخت کشورانگلستان و نمونه‌بردار سیکلونی HD (مدل Higgins Dewell SKC Cyclone ساخت کشور انگلستان) با هواگذر ۲/۲ لیتر بر دقیقه و از فیلتر غشایی از جنس PVC با قطر ۳۷ میلی‌متری و با پورسایز ۲ میکرون استفاده شد که در منطقهٔ تنفسی کارگر نصب گردید. قبل از نمونه‌برداری، فیلترها برای مدت ۲۴ ساعت جهت حذف رطوبت احتمالی در داخل دسیکاتور قرارگرفته و سپس با ترازوی حساس مدل Sartorius ME ۵ (ساخت کشور آلمان) با دقت ۱ میکروگرم وزن شدند. قبل از نمونه‌برداری و متصل‌کردن پمپ به کارگر، توسط فلومتر حباب صابون، کالیبراسیون انجام شد. نمونه‌برداری به‌صورت مداوم و در طول یک شیفت کاری (حدود ۴۸۰ دقیقه) انجام و در انتهای نمونه‌برداری، فیلترها با دقت و احتیاط از سیکلون خارج و در کاست قرار داده شد. برای حذف خطاهای نمونه‌برداری و آنالیز با توجه به روش استاندارد نمونه‌برداری ۵ فیلتر شاهد در نظر گرفته شد و تمام مراحل کار به جز نمونه‌برداری از هوا روی آن انجام شد. قبل از توزین، فیلترهای نمونه و شاهد در کاست مخصوص قرار داده شد و پس از رطوبت‌گیری در دسیکاتور، فیلترها دوباره وزن و تفاوت وزن اولیه و ثانویه وزن ذرات قابل‌استنشاق ثبت شد. برای تعیین حجم هوای نمونه‌برداری شده، زمان نمونه‌برداری در دبی نمونه‌برداری ضرب شد و با توجه به تفاوت شرایط محیطی محل نمونه برداری از نظر دما و فشار با شرایط استاندارد (دما ۲۵ درجه سانتیگراد و فشار ۷۶۰ میلیمتر جیوه) حجم هوای نمونه برداری شده با استفاده از فرمول تصحیح حجم ، تصحیحات لازم انجام گرفت تا حجم هوای استاندارد تعیین شود. و جهت محاسبه غلظت ذرات در هوای منطقه تنفسی کارگران از رابطه زیر استفاده شد.

$$C = \frac{(W_2 - W_1) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3_{(mg/3^3)}$$

در رابطهٔ فوق، C غلظت ذرات قابل‌استنشاق سیمان در منطقهٔ تنفسی کارگران بر حسب mg/m^3، W_1 و W_2 وزن فیلترهای نمونه به‌ترتیب قبل و بعد از نمونه‌برداری بر حسب mg، B_1 و B_2 وزن فیلترهای شاهد به‌ترتیب قبل و بعد از نمونه‌برداری بر حسب mg و V حجم نمونهٔ هوا در شرایط استاندارد بر حسب لیتر است.

در نهایت به منظور تعیین مقدار نهایی سلیس موجود از دستگاه پراش سنج پودری پرتوایکس مدل D8 Advanc-bruker ساخت کشور آلمان استفاده شد [۲۹].

۲-ارزیابی ریسک مواجهه

پس از تعیین مقدار سیلیس کریستالی موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان، برای ارزیابی ریسک مواجهه از روش ارزیابی ریسک نیمه‌کمی مواد شیمیایی توصیه شده توسط دپارتمان بهداشت حرفه‌ای سنگاپور استفاده شد. ارزیابی ریسک در ۴ مرحله‌ی تعیین درجه خطر HR (Hazard Rate)، تعیین درجه مواجهه(Exposure Rate) ، تعیین نمره ریسک R و تعیین رتبه ریسک(Risk Rating) RR انجام گردید.

۲-۱-تعیین درجه خطر (HR)

جهت تعیین درجه خطر با توجه به اثرات سمی سیلیس کریستالی از روش ارائه شده توسط انستیتو ایمنی و بهداشت شغلی سنگاپور طبق استفاده گردید [۲۱, ۲۲].

۲-۲-تعیین درجه ی مواجهه(ER)

برای تعیین درجه ی مواجهه ابتدا متوسط وزنی – زمانی مواجهه E در هر یک از بخش های کارخانه از رابطه‌ی شماره ۱ استفاده شد.بدست آورده شده است.

رابطه ی ۱.

$$E = \frac{F.D.M}{W}$$

که در آن F تعداد مواجهه در هفته که در این مطالعه ۶ روز بود و D متوسط زمان در هر مواجهه که به طور متوسط روزانه ۸ ساعت بوده است ،M میزان غلظت سیلیس کریستالی موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان بر حسب میلی‌گرم بر متر مکعب و W متوسط زمان کاری در هفته که با توجه به استاندارد تماس ۴۰ ساعت کار در هفته در نظر گرفته شد. در مرحله بعد، از تقسیم متوسط وزنی – زمانی هفتگی بر مقادیر مواجهه مجاز (E/OEL) که توسط کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران برای سیلیس کریستالی ۰،۰۲۵ mg/m^3 تعیین شده است [۱۶] با استفاده از جدول ۲ میزان درجه مواجهه ۱ برای سیلیس کریستالی موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در هر بخش از کارخانه تعیین گردید.

۲-۳-تعیین نمره ریسک (R) و رتبه ریسک (RR)

پس از محاسبه درجه مواجهه و درجه خطر، نمره ریسک با توجه به فرمول $Risk = (HR \times ER)^{1/2}$ برای کارگران شاغل در هر بخش از کارخانه محاسبه و در نهایت رتبه ی ریسک تعیین شد. در پایان پس از مشخص شدن نمره ریسک، رتبه‌بندی ریسک با توجه به جدول ۱ صورت گرفت [۳۰].

جدول ۱. تعیین ضریب مواجهه ER و رتبه ریسک (RR) [۳۰]

رتبه ریسک (RR)	نمره ریسک (R)	درجه مواجهه (ER)	E/OEL
ناچیز	۰-۱/۷	۱	<۰/۱
کم	۱/۷-۲/۸	۲	۰/۱-۰/۵
متوسط	۲/۸-۳/۵	۳	۰/۵-۱/۰
زیاد	۳/۵-۴/۵	۴	۱/۰-۲/۰
خیلی زیاد	۴/۵-۵	۵	۲/۰≥

لازم به ذکر است اطلاعات لازم برای ارزیابی نمونه ها و همچنین سایر اطلاعات لازم در فرم ها و پرسشنامه مشخصات دموگرافیک ای که به همین منظور طراحی شده بود ثبت و داده ها با استفاده از نرم افزار stata نسخه ۱۴ و آزمونهای آماری من ـ ویتنی وهمبستگی اسپیرمن مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته ها

بر اساس نتایج به دست آمده از مجموع ۳۶ نمونه ۲۶ نمونه در فصل بهار و تعداد ۱۰ نمونه آن در فصل زمستان گرفته شدند (به دلیل تعیین این بازه زمانی جهت نمونه برداری توسط مدیران کارخانه). میانگین و انحراف معیار مواجهه کارگران با ذرات قابل استنشاق سیمان و سیلیس موجود در آن در بخش های مختلف کارخانه در جدول ۲ ارائه شده است. بیشترین میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش سنگ شکن برابر با ۷،۰۳ و کمترین آن برابر با ۰،۷۱ میلی گرم بر متر مکعب در بخش کوره بوده است. همچنین بیشترین و کمترین میانگین غلظت سیلیس به ترتیب در بخش سنگ شکن برابر با ۰/۵۴ و در بخش آسیاب مواد برابر با ۰/۰۳ میلی گرم بر متر مکعب بوده است.

جدول ۲. مقادیر مربوط به میانگین و انحراف معیار غلظت ذرات قابل استنشاق سیمان و سیلیس در بخش های مختلف کارخانه سیمان

بخش کارخانه	تعداد	سیمان انحراف معیار ± میانگین (mg/m^3)	سیلیس انحراف معیار ± میانگین (mg/m^3)
بارگیرخانه	۶	۳/۳۹±۲/۷۰	۰/۰۵±۰/۱۱
آسیاب سیمان	۴	۳/۲۶±۳/۰۱	-
آسیاب مواد	۶	۴/۱۲±۴/۳۸	۰/۰۳±۰/۰۵
کوره	۳	۰/۷۱±۰/۵۴	-
پری هیتر	۵	۴/۳۸±۵/۵۲	۰/۰۸±۰/۱۱
سنگ شکن	۶	۷/۰۳±۵/۷۰	۰/۵۴±۰/۵۹
سالن خاک	۶	۱/۷۸±۲/۰۲	۰/۰۴±۰/۰۵
کل	۳۶	۳/۷۵±۴/۱۰	۰/۰۱۲±/۳۰

جدول ۳. نتایج ارزیابی ریسک ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش های مختلف کارخانه.

بخش کارخانه	درجه خطر (HR)	متوسط وزنی - زمانی هفتگی مواجهه (E)	E/OEL	درجه مواجهه (ER)	نمره ریسک (R)	طبقه‌بندی ریسک (RR)
بارگیرخانه	۲	۴/۰۶۸	۴/۰۶۸	۵	۳/۱۶۲	متوسط
آسیاب سیمان	۲	۳/۹۱۲	۳/۹۱۲	۵	۳/۱۶۲	متوسط
آسیاب مواد	۲	۴/۹۴۴	۴/۹۴۴	۵	۳/۱۶۲	متوسط
کوره	۲	۰/۸۵۲	۰/۸۵۲	۳	۲/۴۴۹	کم
پری هیتر	۲	۵/۲۵۶	۵/۲۵۶	۵	۳/۱۶۲	متوسط
سنگ شکن	۲	۸/۴۳۶	۸/۴۳۶	۵	۳/۱۶۲	متوسط
سالن خاک	۲	۲/۱۳۶	۲/۱۳۶	۵	۳/۱۶۲	متوسط

جدو ل ۴. نتایج ارزیابی ریسک سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در بخش های مختلف کارخانه سیمان.

بخش کارخانه	درجه خطر (HR)	متوسط وزنی - زمانی هفتگی مواجهه (E)	E/OEL	درجه مواجهه (ER)	نمره ریسک (R)	طبقه بندی ریسک (RR)
بارگیرخانه	۵	۰/۰۶۰	۲/۴	۵	۵	خیلی زیاد
آسیاب مواد	۵	۰/۰۳۶	۱/۴۴	۴	۴/۴۷	زیاد
پری هیتر	۵	۰/۰۹۶	۳/۸۴	۵	۵	خیلی زیاد
سنگ شکن	۵	۰/۶۴۸	۲۵/۹۲	۵	۵	خیلی زیاد
سالن خاک	۵	۰/۰۴۸	۱/۹۲	۵	۵	خیلی زیاد

در جدول ۳ نتایج مربوط به ارزیابی ریسک ذرات قابل استنشاق سیمان دربخش های مختلف کارخانه ی سیمان ارائه شده است.

همانطور که در جدول ملاحظه می گردد، با توجه به متوسط مواجهه افراد در یک روز در بخش های مختلف کارخانه (۸ ساعت) درجه خطر ذرات قابل استنشاق سیمان (HR) عدد ۲ در نظر گرفته شد و با توجه به نسبت E/OEL ، درجه ی مواجهه (ER) برای تمامی بخش های کارخانه عدد ۵ به دست آمد (به جز کوره)، در نتیجه رتبه ی ریسک (RR) در اغلب بخش های کارخانه متوسط و در بخش کوره کم محاسبه گردید.

جدول ۴ نتایج ارزیابی ریسک مواجهه با ذرات سیلیس کریستالی را در بخش های مختلف کارخانه سیمان نشان می دهد. با توجه به میانگین غلظت سیلیس در بارگیر خانه (۰/۰۵ mg/m^3)، پری هیتر (mg/m^3 ۰/۰۸)، سنگ شکن (mg/m^3 ۰/۵۴)، سالن خاک (mg/m^3 ۰/۰۴) و متوسط مواجهه افراد در یک روز در بخش های فوق (در طول۸ ساعت کار) و همچنین درجه خطر برای سیلیس کریستالی بر اساس معیارهای جدول ۱ ، برابر ۵ برآورد شده است.. در نهایت با توجه به درجه مواجهه (ER)رتبه ریسک این بخش ها خیلی زیاد و میانگین غلظت در آسیاب مواد(mg/m^3 ۰/۰۳) و رتبه ریسک این بخش نیز زیاد برآورد گردید.

بحث

این مطالعه با هدف با هدف ارزیابی ریسک مواجهه ی شغلی با ذرات قابل استنشاق سیمان و سیلیس موجود در آن در یک واحد صنعتی تولید سیمان انجام شده است .افراد مورد مطالعه در طول شیفت کاری خود به میزان زیادی با گرد و غبار قابل استنشاق سیمان و هم چنین

سیلیس کریستالی موجود در این ذرات مواجهه داشتند. میانگین مواجهه ران با ذرات قابل استنشاق سیمان ۳/۷۵±۴/۰۹ mg/m3 بود که در مقایسه با استاندارد مواجهه با ذرات قابل‌استنشاق سیمان پورتلند کمیتهٔ فنی بهداشت حرفه‌ای ایران (۱ میلی‌گرم بر مترمکعب هوا) بیشتر است. متوسط غلظت سیلیس موجود در ذرات قابل‌استنشاق در تمامی بخش های نمونه برداری شده ۰/۱۲±۰/۳۰ mg/m^3 بود و به طور متوسط در ٪۶۹ از کارگران، مواجهه با ذرات قابل استنشاق سیلیس کریستالی بیش از حد مواجههٔ شغلی بود. مطالعات اخیر کاهش ظرفیت های ریوی، بروز سرطان حنجره و معده را در کارگران صنعت سیمان گزارش کرده اند [۳۱, ۳۲] نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میزان مواجهه با گردوغبار قابل‌استنشاق سیمان و سهم سیلیس موجود در ذرات در اکثر کارگران این صنعت بیش از حد مواجههٔ شغلی توصیه شده برای کشور ایران و TLV ارائه شده توسط ACGIH. بوده است. احتمالاً، یکی از دلایل اصلی آن افزودن درصد بالایی از سیلیس بعنوان مواد اولیه به سیمان می باشد. متوسط غلظت گردوغبار سیلیس موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان در منطقهٔ تنفسی کارگران کارخانهٔ مورد مطالعه با گرم شدن هوا افزایش می یافت که می تواند به این دلیل رطوبت کمتر خاک باشد که با افزایش دما، گرد و غبار بیشتری ایجاد می شود.. بیشترین متوسط غلظت ذرات سیلیس در بخش سنگ شکن ۰/۵۴ mg/m^3 و کمترین میانگین در بخش آسیاب مواد ۰/۰۳ mg/m^3 مشاهده شد. که در مقایسه با استاندارد مواجهه با سیلیس موجود در ذرات قابل‌استنشاق سیمان پورتلند کمیتهٔ فنی بهداشت حرفه‌ای ایران (۰/۰۲۵ میلی‌گرم بر مترمکعب هوا) بیشتر است. مطالعات مختلف انجام شده در صنعت سیمان از قبیل مطالعه میرزایی و همکاران (۲۰۰۸) در سیمان خاش و همچنین مطالعه نقاب و همکاران (۲۰۰۷) در سیمان فارس نشان داده است که گرد و غبار قابل استنشاق در کارخانه های سیمان بیش از حد مجاز استانداردهای ملی و بین المللی است که این نتایج همسو با نتایج مطالعه حاضر می باشد [۳۳, ۳۴] میانگین غلظت گرد و غبار قابل استنشاق سیمان در مطالعه ی حاضر کمتر از میانگین غلظت گرد و غبار در مطالعه ای ست که در کشور تانزانیا توسط Mwaiselage و همکاران (۲۰۰۵) (۱,۸-۳۸,۶ mg/m3)انجام شد [۳۵] که علت این تفاوت را می توان در پروسه تولید و تجهیزات مورد استفاده دانست. درصد سیلیس در مجموع فرایندهای تولید بین ۱۶/۴-۲/۶ و میانگین آن ۴/۱۹ درصد بود که در مقایسه با درصد سیلیس بدست آمده در کارخانه سیمان اردبیل (۲/۸۶٪) به میزان ۱/۵ برابر بیشتر است [۳۶] با توجه به استاندارد مواجهه با سیلیس کریستالی بر طبق استاندارد OEL کشور ایران و همچنین TLV سازمان ACGIH غلظت سیلیس کریستالی درتمام ایستگاههای مورد مطالعه بالاتر از استاندارد بود که در مطالعه ی حاضر میانگین غلظت سیلیس کریستالی در ذرات قابل استنشاق سیمان ۰/۵۴۱-۰/۰۳۶ میلی گرم بر متر مکعب اندازه گیری شد که تمامی آن ها از حد مجاز توصیه شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه ای کشور و ACGIH بیشتر بوده است. بیشترین میزان غلظت سیلیس کریستالی در واحد سنگ شکن با ۱/۵۰ میلی گرم بر مترمکعب بود که به نتایج حاصل از مطالعه اردکانی و ساعدی (۲۰۱۵) در کارخانه سیمان خوزستان" که بیشینه میانگین غلظت سیلیس آزاد با ۳/۰۴±۵/۸۹ میلی گرم در مترمکعب مربوط به ایستگاه سنگ شکن [۲۸] و پژوهش عسکری پور و همکاران (۲۰۱۴) با بیشینه میانگین غلظت سیلیس آزاد به میزان ۰/۰۸۲ ± ۵/۱ میلی گرم در مترمکعب مربوط به ایستگاه سنگ شکن نزدیک است [۳۷].

با توجه به میزان خطر گرد و غبار قابل استنشاق سیمان درجه خطر برای این ذرات عدد ۲ در نظر گرفته شد و نتایج ارزیابی ریسک برای ذرات قابل استنشاق سیمان در قسمت کوره کم و در سایر بخش های کارخانه سیمان میزان متوسط برآورد گردید. که با نتایج حاصل از مطالعه محمدیان و همکاران که در یک کارخانه سیمان در خراسان رضوی در سال ۱۳۹۶انجام شد مطابقت داشت [۳۸] تحقیق انجام شده توسط جوزی و همکاران در سال ۲۰۱۵ در کارخانه سیمان شمال با استفاده از تکنیک ارزیابی ریسک ویلیام فاین نشان داد که مواجهه با گرد و غبار سیمان دارای ریسک متوسط (M) می باشد که با نتایج حاصل از این مطالعه همسو می باشد [۳۹].

با توجه به خطرات و بیماری زایی و همچنین سرطان زا بودن سیلیس کریستالی درجه خطر برای این ماده عدد ۵ در نظر گرفته شد. نتایج ارزیابی ریسک برای سیلیس کریستالی موجود در ذرات قابل استنشاق سیمان برای بخش آسیاب مواد زیاد و برای سایر بخش های کارخانه خیلی زیاد برآورد گردید که با نتایج حاصل از مطالعه رکنی و همکاران (۲۰۱۶) که در آن به اندازه گیری سیلیس کریستالی در ۹ عنوان شغلی که کارگران با سیلیس کریستالی مواجهه داشتند پرداخته بودند، مطابقت داشت [۴۰] در مطالعه ی دیگری که توسط آذری و همکاران در سال ۲۰۰۹ در شهر تهران بر روی کارگران شاغل در ۱۰ صنعتی که با سیلیس مواجهه داشتند انجام شد میانگین غلظت سیلیس در ناحیه تنفسی کارگران ۰,۳۴۳- ۰,۱۳۲ میلی گرم بر متر مکعب بود و بیشترین میزان سیلیس در مشاغل ریخته گری و تولید سرامیک مشاهده شد و ریسک سرطان ریه در جمعیت مواجهه یافته با سیلیس در شرق تهران ۱۲۹-۵۰ به ازای هر هزار نفر جمعیت مواجهه یافته برآورد شد [۴۱] در مطالعه ای که توسط chen و همکاران در سال ۲۰۱۲ بر روی کارگران مواجهه یافته با گرد و غبار سیلیس و ریسک مرگ و میر آن ها انجام شد چنین نتیجه گیری شد که مواجهه با سیلیس، ریسک مرگ و میر را در کارگران چینی مواجهه یافته افزایش می دهد که این مرگ و میر نه فقط به خاطر بیماری های تنفسی و سرطان ریه بلکه به خاطر بیماری های قلب و عروق نیز می باشد [۹].

در مطالعه ی دیگری که توسط liu و همکاران در سال ۲۰۱۳ بر روی ارزیابی ریسک مواجهه با سیلیس و ارتباط آن با سرطان ریه در کارگران مواجهه یافته با سیلیس در کشور چین انجام دادند چنین نتیجه گیری شد که ریسک ابتلا به سرطان ریه در کارگران مواجه یافته با سیلیس نسبت به کارگران مواجهه نیافته بیشتر می باشد [۱۱].

در مطالعه ای که توسط omidianidst و همکاران در سال ۲۰۱۶ با عنوان ارزیابی ریسک مواجهه شغلی با سیلیس در کارگاه های ریخته گیری کوچک انجام شد که محدوده مواجه با سیلیس کریستالی در کارگران مواجهه یافته ۰,۰۴- ۰,۰۰۹میلی گرم بر متر مکعب بود که ۹۵ درصد کارگران با غلظت بیش از حد مجاز توصیه شده توسط سازمان NIOSH و همچنین کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران ITCDOH مواجهه داشتند و ارزیابی ریسک برای این گروه نشان داد که در آینده در معرض ابتلای احتمالی به عوارض ناشی از تماس با سیلیس کریستالی می باشند [۴۲].

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که با توجه به مواجهه کارگران کارخانه سیمان مورد مطالعه با غلظت بالای ذرات قابل استنشاق سیمان و سیلیس موجود در گردوغبار سیمان احتمالا در معرض ابتلا به بیماری ها و عوارض ناشی از این ذرات قرار دارند. رتبه ریسک مواجهه کارگران با ذرات قابل استنشاق سیمان در اکثر موارد در حد متوسط و برای مواجهه با ذرات قابل استنشاق سیلیس کریستالی در اکثر موارد در حد خیلی زیاد برآورد گردید که نشان از نامناسب بودن هوای استنشاق شده توسط کارگران این کارخانه می باشد. لذا انجام اقدامات پیشگیرانه مهندسی و مدیریتی در این کارخانه پیشنهاد می گردد.

ملاحظات اخلاقی

با توجه به نمونه برداری از ذرات گردوغبار هوا در فضای کار شاغلین و هماهنگی های انجام شده و همکاری کارفرما و شاغلین و نوع مطالعه انجام شده محدویت اخلاقی و تحقیقی خاصی وجود نداشت

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب قدردانی خود را از همکاری صمیمانهٔ مدیرعامل محترم کارخانهٔ سیمان، معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی سبزوار و معاونت محترم پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی مازندران اعلام می‌دارند که هزینهٔ اجرای این مطالعه مشترک را تقبل کردند. این مقاله با کد اخلاق ۹۶۱۸۶ در دانشگاه علوم پزشکی سبزوار و کد ir.mazums.rec.1396.10185در دانشگاه علوم پزشکی مازندران مورد تأیید قرارگرفت.

References

1. AboShoga AAY, Al-Agha MR. PM10 Emitted from Gravel Crushers and their Effects on Complete Blood Counts for Workers, Middle Governorate Gaza, Palestine. Pulm Res Respir Med Open J. 2015;2(4):122-5. doi: 10.17140/PRRMOJ-2-120
2. Zeleke ZK, Moen BE, Bratveit M. Lung function reduction and chronic respiratory symptoms among workers in the cement industry: a follow up study. BMC Pulm Med. 2011;11:50. doi: 10.1186/1471-2466-11-50 pmid: 22067264
3. Manjula RPR, Clevin RR, Ghattargi CH, Dorle AS, Lalitha DH. Effects of occupational dust exposure on the health status of portland cement factory workers. Int J Med Public Health. 2013;3(3):192-6. doi: 10.4103/2230-8598.118963
4. WHO. Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. Copenhagen, Denmark: WHO Regional Office for Europe.2013.
5. Mohamed RMSR NN, Al-Gheethi AA, Lajis A, Kassim AHM. Particulate Matter Levels in Ambient Air Adjacent to Industrial Area. IOP Conf Ser Mater Sci Eng. 2016;136(1):12-56. doi: 10.1088/1757-899X/136/1/012056
6. Aljeesh YAMW, El Jabaly S. Effect of Exposure to Cement Dust on Pulmonary Function among Cement Plants Workers in the Middle Governorate, Gaza, Palestine. Pub Health Res. 2015;5(5):129-34.
7. Ghosh T, Gangopadhyay S, Das B. Prevalence of respiratory symptoms and disorders among rice mill workers in India. Environ Health Prev Med. 2014;19(3):226-33. doi: 10.1007/s12199-014-0384-8 pmid: 24609959
8. Al Aje. Environmental pollutions of cement factory 5 th student conference of mine engineering1385.
9. Chen W, Liu Y, Wang H, Hnizdo E, Sun Y, Su L, et al. Long-term exposure to silica dust and risk of total and cause-specific mortality in Chinese workers: a cohort study. PLoS Med. 2012;9(4):e1001206. doi: 10.1371/journal.pmed.1001206 pmid: 22529751
10. Beaudry C, Lavoue J, Sauve JF, Begin D, Senhaji Rhazi M, Perrault G, et al. Occupational exposure to silica in construction workers: a literature-based exposure database. J Occup Environ Hyg. 2013;10(2):71-7. doi: 10.1080/15459624.2012.747399 pmid: 23252413
11. Liu Y, Steenland K, Rong Y, Hnizdo E, Huang X, Zhang H, et al. Exposure-response analysis and risk assessment for lung cancer in relationship to silica exposure: a 44-year cohort study of 34,018 workers. Am J Epidemiol. 2013;178(9):1424-33. doi: 10.1093/aje/kwt139 pmid: 24043436
12. Hoy RF, Baird T, Hammerschlag G, Hart D, Johnson AR, King P, et al. Artificial stone-associated silicosis: a rapidly emerging occupational lung disease. Occup Environ Med. 2018;75(1):3-5. doi: 10.1136/oemed-2017-104428 pmid: 28882991
13. US Department of Health and Human Services. Centers for Disease Control and Prevention Control. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) RHD, Surveillance Branch, National Occupational Respiratory Mortality System (NORMS), Atlanta, GA, USA. 2016. Available from: http://webappa.cdc.gov/ords/norms.html.
14. The American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold Limit Values (TLVs). 7 e, editor.
15. IARC. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans: Arsenic m, fibres and dusts. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer; 2012.
16. OEL Occupational exposure limits CfEaH, Ministry of Health and Medical Education: Student Hamedan; 1395.
17. Aminian OAM, Sadeghniiat Haghighi K. Cross-shift study of acute respiratory effects in cement production workers. Acta Med Iran. 2014;52(2):146-52.
18. Zeleke ZK, Moen BE, Bratveit M. Cement dust exposure and acute lung function: a cross shift study. BMC Pulm Med. 2010;10:19. doi: 10.1186/1471-2466-10-19 pmid: 20398255
19. Ali MBSR, Hossain MS. A review on emission analysis in cement industries. Renew Sustain Energy Rev. 2011;15(5). doi: 10.1016/j.rser.2011.02.014
20. (HSE). HaSE. Work-related respiratory disease in Great Britain 2016. An overview of the burden of respiratory disease in Great Britain. Available from: http://wwwhsegovuk/statistics/causdis/.
21. Institute of Health Metrics and Evaluation HDN TWB. The Global burden of disease: Generating Evidence, Guiding Policy. Seattle. WA: IHME; 2013.
22. Al SGe. Exposure to Respirable dust and crystalline silica in a cement plant. Arch Occupation Health. 2019;3(3):366-70.
23. Fromme H, Albrecht M, Angerer J, Drexler H, Gruber L, Schlummer M, et al. Integrated Exposure Assessment Survey (INES) exposure to persistent and bioaccumulative chemicals in Bavaria, Germany. Int J Hyg Environ Health. 2007;210(3-4):345-9. doi: 10.1016/j.ijheh.2007.01.026 pmid: 17321208
24. Seeley MR, Tonner-Navarro LE, Beck BD, Deskin R, Feron VJ, Johanson G, et al. Procedures for health risk assessment in Europe. Regul Toxicol Pharmacol. 2001;34(2):153-69. doi: 10.1006/rtph.2001.1490 pmid: 11603958
25. Golbabaie FED, Rezazade Azari M, Jahangiri M, Rahimi M, Shahtaheri J. Health risk assessment of chemical pollutants in a petrochemical complex. (Persian). Iran Occupation Health. 2012;9(3):11-21.
26. Roberts SMJR, Williams PL. Principles of Toxicology: Environmental and Industrial Applications. New York, NY, USA: John Wiley & Sons; 2014.
27. hemman Et, hm jdc, mg jv. A Proposal for evaluation of exposure data. Ann Occup Hyg. 2002;46(3):287-97.
28. Sobhanardakani SaMS. Assessment of particulate matter, free silica and toxic gases emissions from Khouzestan Cement Company. J Mazandaran Univ Med Sci. 2015;25(125):21-31.
29. NIOSH. NIOSH Manual of analytical method PNOR, RESPIRABLE, Method Number: 101/2 . accessed on

13/10/2008. Available from: https://www.cdc.gov/nchs/data/series/sr_24/sr24_006.pdf. MDHS101/2.
30. OS&HD. A Semi-Quantitative Method to Assess Occupational Exposure to Harmful Chemicals. Singapor ministry of manpower2005.
31. Dietz A, Ramroth H, Urban T, Ahrens W, Becher H. Exposure to cement dust, related occupational groups and laryngeal cancer risk: results of a population based case-control study. Int J Cancer. 2004;108(6):907-11. doi: 10.1002/ijc.11658 pmid: 14712496
32. Smailyte G, Kurtinaitis J, Andersen A. Mortality and cancer incidence among Lithuanian cement producing workers. Occup Environ Med. 2004;61(6):529-34. doi: 10.1136/oem.2003.009936 pmid: 15150393
33. Mirzaee RKA, Hashemi S, Sadeghi M, Shahrakipour M. Effects of exposure to Portland cement dust on lung function in Portland cement factory workers in Khash, Iran.2008.
34. Neghab M, Choubineh A. The relationship between occupational exposure to cement dust and prevalence of respiratory symptoms and disorders.2007.
35. Mwaiselage JBM, Moen B, Mashalla Y. Dust exposure and respiratory health effects in the cement industry. PILANESBERG IOHA.2005.
36. Hazrati S. Dust concentrations in an Ardabil portland cement industry. J Ardabil Univ Med Sci. 2009;9(4):292-8.
37. Askaripoor T. Health risk assessment of occupational exposure to crystalline silica in a tile & ceramic Industry. Occupation Med Quarter J. 2014;6(2):44-53.
38. Mohammadyan M, Pouransari M, Mohammadpour tahmtan RA, Yousefinajad R, Eslami S. Risk assessment of occupational exposure to cement inhalable particles and recommendation of control strategies in a cement factory. J Res Environ Health. 2017;3(2):142-9.
39. F. JAA, Honarmand H. Health, Safety and Environmental Risk Management in Shomal Cement Plant by Using William Fine Technique. [Persian]. Environ Res. 2015;5(10):23-34.
40. Rokni MMM, Hashemi ST, Asadi SM, Boogaard PJ, Heibati B. Risk assessment of workers exposed to crystalline silica aerosols. Human Ecologic Risk Assess Int J. 2016;22(8):1678-86. doi: 10.1080/10807039.2016.1217391
41. Gharavandi. Exposure to Respirable Dust and Crystalline Silica in a Cement Plant. Arch Occupatio Health.3(3):366-70.
42. Omidianidost AGM, Kakooei H, Shahtaheri SJ, Ghanbari M. Risk assessment of occupational exposure to crystalline silica in small foundries in Pakdasht, Iran. Iran J Pub Health. 2016;45(1):70.