ارزیابی مواجهه شغلی کارگران با سیلیس آزاد و گردوغبار کل در کارگاه حفر تونل زیر زمینی متروی تهران خط ۱

[۱]حسین کاکویی ، [۲]سجاد موسوی، [۳] داود پناهی، [۴]منصورضا زاده آذری، [۵]مصطفی حسینی

[۱] استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

[۲] کارشناس ارشد رشته مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی تهران

[۳] دانشجوی دکترای مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

[۴] استاد گروه مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

[۵] دانشیار گروه آمار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

مقدمه: کارگران شاغل در صنایع ساختمانی از جمله کارگران معادن زیرزمینی و حفر تونل های شهری مانند مترو، به اقتضای شغلی در معرض خطر ابتلاء به بیماری سیلیکوزیس قرار دارند. این بیماری سخت و زیان آور در نتیجه استنشاق گردوغبار حاوی سیلیس آزاد ایجاد می¬گردد. از جمله عوامل موثر بر ابتلاء کارگران ساختمانی به این بیماری مقدار سیلیس آزاد در گردوغبار می باشد. براین اساس، در جهت تعیین حدود مجاز مواجهه شغلی گردوغبار قابل استنشاق حاوی سیلیس، تعیین درصد سیلیس آزاد گردوغبار قابل استنشاق ضروری است. هدف از این مطالعه توصیفی – تحلیلی مقطعی، تعیین میزان غلظت سیلیس آزاد و گردوغبار کل در فرایند های مختلف احداث تونل متروی تهران خط یک ایستگاه قیطریه است.

روش کار: در این پژوهش، میزان سیلیس آزاد و گردوغبار کل هوای داخل تونل در حال احداث اندازگیری شد. نمونه برداری از گردوغبار قابل استنشاق و کل، با استفاده از پمپ نمونه بردار و سیکلون انجام گرفت. تعیین مقدار گردوغبار کل به روش وزن سنجی و تعیین مقدار سیلیس آزاد بر اساس روش NIOSH ۷۶۰۱انجام گرفت.

یافته ها: نتایج نشان داد که فرایندهای حفاری وسیمان زنی، به ترتیب از بیش‌ترین (۰/۷۶±۳۷/۶۳ میلی گرم بر متر مکعب) و کم‌ترین (۰/۸۰ ± ۹/۸۸ میلی گرم بر متر مکعب) میزان تراکم گردوغبار کل برخوردار می¬باشد. بیشترین میزان تراکم سیلیس آزاد گردوغبار قابل استنشاق در فرایند حفاری ۰/۰۰۶ ± ۰/۴۰۷ میلی گرم بر متر مکعب و کم‌ترین میزان تراکم سیلیس آزاد گردوغبار قابل استنشاق در فرایند آرماتور بندی برابر با ۰/۰۰۸± ۰/۱۱۰ میلی گرم بر متر مکعب مشاهده شد. در این راستا، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان تراکم سیلیس آزاد در گردوغبار کل نیز به ترتیب مربوط به فرایند های حفاری (۰/۳۹ ± ۲/۴۶ میلی گرم بر متر مکعب) و تخلیه (۰/۳۷ ± ۱/۶۰ میلی گرم بر متر مکعب) بود.

نتیجه گیری: : با مقایسه میانگین وزنی زمانی گردوغبار قابل استنشاق در فرایند های مختلف احداث تونل با حدود مواجهه شغلی محاسبه شده بر اساس میزان سیلیس آزاد، اختلاف معنی داری مشاهده شد. بر این اساس، میزان تراکم گردوغبار در تونل متروی تهران بالاتر از حدود مجاز مواجهه شغلی می باشد.

کلمات کلیدی: *تونل حفاری متروی تهران، گرد و غبارکل و قابل استنشاق، سیلیس آزاد، اسپکتروفتومتر*

مقدمه

حضور گردوغبار جزء غیر قابل انکار عملیات ساخت و ساز است. مواجهه شغلی با گردوغبار، تقریبا در بسیاری از عملیات ساختمانی از جمله حفر تونل شهری، ساختمان سازی، تخریب ساختمان های کهنه و فرسوده، نظافت درون ساختمان و غیره وجود دارد. برحسب طبیعت مواد مورد مصرف و یا تولیدی در صنعت ساختمان سازی، این گردوغبار می تواند حاوی مقادیر مختلفی از ذرات سیلیس آزاد باشد. سیلیس کریستالی آزاد (SiO_2) معمولا به سه شکل عمده بلوری کوارتز، تری دیمیت و کریستوبالیت دیده می شود. مهم‌ترین نوع رایج ذرات سیلیس در فرایند

*نویسنده مسوول: پست الکترونیکی: davodpanahi@gmail.com

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-31]

های ساختمانی سیلیس کریستالی به شکل کوارتز است (Mieke, Ton Spee, 2001; Neghab *et al.,* 2007). گزارش‌ها درباره مواجهه با سیلیس آزاد در صنایع ساختمانی، حاکی از بروز مشکل مواجهه با کوارتز در فرایند های معدن کاری و صنایع تولید فولاد است (Amandus, *et al.,* 1995; Tomb, *et al.,* 1995). موسر و همکاران در سال ۱۹۹۲، میزان مواجهه کارگران شاغل در یک فرایند تخریب ساختمان‌های کهنه با ذرات قابل استنشاق کوارتز را گزارش نمود. در این گزارش نشان داده شد که تقریبا ۸۰ درصد از ۴۴ مورد اندازه‌گیری، بالاتر از حد مجاز کشور سوییس (۰/۱۵ میلی گرم بر متر مکعب) بود. در این تحقیق، بالاترین و پایین‌ترین حد اندازه گیری به ترتیب (۴/۷ و ۱/۲ میلی گرم بر متر مکعب) مربوط به فرایند های تخریب دیوار سنگی و آسیاب مواد ساختمانی بود (Moser, 1992). مطابق با گزارش ریالا و همکاران در سال ۱۹۸۸، مواجهه شغلی کارگران ساختمانی کشور فنلاند با ذرات قابل استنشاق کوارتز در حدود ۰/۵۳ میلی گرم بر متر مکعب در فرایند جارو کشی خشک بود (Riala, 1988). استنشاق گرد و غبار سیلیس آزاد منجر به ایجاد قدیمی ترین و رایج ترین بیماری غیر قابل علاج ریوی حرفه ای در دنیا به‌نام سیلیکوزیس می شود که در سیر این بیماری عوارضی مانند سل ریه، پنوموتراکس، نارسایی قلب، هموپتزی نیز به‌تدریج ظاهر می گردد (Maciejewska, 2008). در سال ۱۹۹۷ میلادی آژانس بین المللی تحقیقات سرطان، سیلیس آزاد، را جزء مواد سرطانزای گروه یک طبقه بندی کرد (Steenland, *et al.,* 2001). شواهد حاکی از این واقعیت است که سیلیس آزاد به عنوان عامل مؤثر در ایجاد سرطان شناخته شده است (Lomax and Johanning, 2001).

در سال ۱۹۷۷ هودل و همکاران دو مورد از سیلیکوزیس را میان کارگران ساختمان گزارش نموده اند (Hodel, *et al.,* 1977). برای تعیین سیلیس آزاد، سه روش رایج شیمیایی اسپکتروفتومتری نور مریی و مادون قرمز و پراکنش اشعه ایکس وجود دارد.

با توجه به بهبود شرایط کاری و کنترل گرد و غبار در کشورهای توسعه یافته، میزان بروز سیلیکوزیس در این کشورها در حال کاهش است، اما در کشورهای در حال توسعه، تماس با گرد و غبار در حال حاضر یک معضل مهم بهداشتی است (De Vuyst and Camus, 2000). لذا آگاهی از غلظت گرد و غبار در هوای محیط کار به ویژه میزان سیلیس آزاد موجود در آن و تلاش در جهت به حداقل رسانیدن اثرات سوء گرد و غبار دارای اهمیت ویژه ای است. بر این اساس، این پژوهش با هدف اندازه گیری غلظت گرد و غبار قابل استنشاق و کل و میزان سیلیس آزاد آن در تونل متروی در حال احداث خط ۱ تهران ایستگاه قیطریه در سال ۱۳۸۸، به عنوان یکی از صنایع مطرح در بحث ساخت و ساز انجام شد.

روش کار

با توجه به مطالعه پایلوت و مطالعات گذشته در مورد فرایندهای حفر تونل، میانگین و انحراف معیار تراکم گردوغبار سیلیس آزاد مشخص گردید و آنگاه با لحاظ نمودن خطای نمونه گیری معادل ۱۷٪ میانگین صفت مورد بررسی و فاصله اطمینان ۹۵٪ حداقل نمونه مورد نیاز ۱۰ نمونه در هر فرایند کاری محاسبه گردید. با توجه به وجود ۵ فرایند کاری در تونل زیر زمینی در دست حفاری (حفاری، آرماتور بندی، سیمان زنی، حمل و نقل خاک و تخلیه و دپو)، در هر منطقه کاری ۲۰ نمونه و تعداد کل نمونه برابر با ۱۰۰ نمونه انتخاب گردید. نمونه برداری در ناحیه تنفسی کارگر انجام شد و سیلیس آزاد در گردوغبار کل و قابل استنشاق بر اساس روش شماره ۷۶۰۱ سازمان NIOSH تعیین گردید (NIOSH, 2003). وسایل نمونه برداری شامل پمپ نمونه بردار فردی استاندارد از شرکت SKC، سیکلون نایلونی ۱۰ میلی متری، فیلتر MCE با قطر ۲۵ میلی متر و روتامتر بود. برای حذف رطوبت، فیلترها ۲۴ ساعت قبل و بعد از نمونه برداری در دسیکاتور قرار گرفتند. نمونه برداری در دبی ۱/۸ لیتر در دقیقه و در طی یک شیفت کاری کامل انجام و در خاتمه ، فیلترها به آزمایشگاه های دانشکده بهداشت

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-31]

دانشگاه علوم پزشکی تهران و شهید بهشتی منتقل شد و بعد از قرار گرفتن مجدد در داخل دسیکاتور، توسط ترازو توزین و غلظت گرد و غبار کل و قابل استنشاق بر حسب میلی گرم در متر مکعب بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید (Garyc, *et al.*, 1993):

$$C = \frac{(W_2 - W_1) \times 10^3}{\Delta t \times Q}$$

C: غلظت گرد و غبار در هوای محیط کار بر حسب میلی گرم در متر مکعب

W_1: وزن فیلتر قبل از نمونه برداری بر حسب میلی گرم

W_2: وزن فیلتر بعد از نمونه برداری بر حسب میلی گرم

Δt : مدت زمان نمونه برداری بر حسب دقیقه

Q: میزان جریان پمپ نمونه برداری برحسب لیتر در دقیقه) با تصحیح حجم هوای نمونه برداری شده به حجم در شرایط استاندارد.

مطابق با دستورالعمل NIOSH، از طیف سنجی مریی در طول موج ۸۲۰ نانومتر برای تعیین میزان کمی سیلیس آزاد (کوارتز) در نمونه های گرد و غبار استفاده شد. در ابتدا برای سنجش میزان سیلیس آزاد در نمونه های گردو غبار، نمونه های استاندارد کوارتز تهیه شده و منحنی های استاندارد آن‌ها رسم شد. غلظت کوارتز در نمونه های مجهول با مقایسه مقادیر جذب نمونه ها با منحنی استاندارد محاسبه شد.

یافته ها

نتایج اندازه گیری تراکم گردوغبار کل و قابل استنشاق بر اساس نوع فرایند کار در کارگاه متروی شمال تهران در جدول ۱ ارایه شده است.

نتایج اندازه گیری تراکم کوارتز در گردوغبار کل و قابل استنشاق در کارگاه ها و فرایند های مختلف تونل شماره یک متروی تهران در جدول ۲ ارایه شده است.

نتایج مقایسه میانگین تراکم کوارتز یا سیلیس آزاد در گردو غبار قابل استنشاق در قسمت های مختلف تونل شماره یک متروی تهران با مقادیر حدود تماس شغلی ایران و سازمان ACGIH در جدول ۳ آورده شده است. (ACGIH, 2009 و حدود تماس شغلی عوامل بیماری‌زای کشور، ۱۳۸۱).

بحث

نتایج آزمون آماری به روش T-Test نشان می‌دهد که بین میانگین تراکم وزنی TWA سیلیس آزاد در همه کارگاه‌های اجرایی متروی تهران با حد مجاز مواجهه شغلی ACGIH اختلاف معنی داری وجود دارد($P<$ ۰,۰۵) . نتایج آزمون آماری به روش One- ANOVA نیز نشان می دهد که میانگین تراکم وزنی گردوغبار قابل استنشاق در ایستگاه های مختلف با یک‌دیگر اختلاف معنی داری وجود دارند ($P<$ ۰,۰۵). ضمنا نتایج آزمون آماری به روش One- ANOVA بیان می‌کند که بین مقادیر سیلیس آزاد به‌دست آمده از

جدول ۱: میزان تراکم گرد و غبار کل و قابل استنشاق در کارگاه های مختلف تونل در حال احداث خط ۱ متروی تهران (ایستگاه قیطریه، سال ۱۳۸۸)

	غلظت گرد و غبار کل (mg/m^3)				غلظت گرد و غبار قابل استنشاق (mg/m^3)			
کارگاه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
حفاری	۳۶/۵۳	۳۹/۳۸	۳۷/۶۳	۰/۷۶	۱/۹۶	۳/۱۱	۲/۴۶	۰/۳۹
آرماتوربندی	۱۱/۷۵	۱۲/۵۵	۱۲/۱۲	۰/۲۵	۱/۲۵	۲/۷۱	۱/۸۵	۰/۴۲
سیمان زنی	۹/۲۳	۱۲/۰۱	۹/۸۸	۰/۸۰	۱/۰۵	۲/۲۴	۲/۲۶	۰/۴۴
حمل و انتقال خاک	۲۳/۹۷	۲۴/۹۳	۲۴/۱۳	۰/۲۹	۱/۹۳	۲/۳۸	۲/۱۴	۰/۱۶
تخلیه و دپو	۲۶/۹۸	۲۷/۳۴	۲۷/۱۶	۰/۱۲	۱/۷۸	۲/۹۶	۱/۶۰	۰/۳۷

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-31]

جدول ۲: میزان تراکم کوارتز در گرد و غبار کل و قابل استنشاق کارگران قسمت های مختلف تونل در حال احداث خط ۱، متروی تهران، ایستگاه قیطریه، سال ۱۳۸۸

	غلظت سیلیس آزاد در گرد وغبار کل (mg/m^3)				غلظت سیلس آزاد در گرد و غبار قابل استنشاق (mg/m^3)			
کارگاه	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	میانگین	انحراف معیار
حفاری	۶/۲۹	۶/۴۳	۶/۳۷	۰/۰۴۵	۰/۳۸۹	۰/۴۱۸	۰/۴۰۷	۰/۰۰۶
آرماتوربندی	۲/۷۳	۲/۸۵	۲/۷۹	۰/۰۳۴	۰/۱۰۱	۰/۱۲۱	۰/۱۱۰	۰/۰۰۸
سیمان زنی	۲/۶۹	۲/۸۹	۲/۸۰	۰/۰۵۸	۰/۱۰۳	۰/۲۹۳	۰/۲۶۱	۰/۰۵۶
حمل و انتقال خاک	۳/۵۱	۳/۸۸	۳/۶۱	۰/۰۱۰	۰/۳۰۷	۰/۳۸۵	۰/۳۲۴	۰/۰۹۱
تخلیه و دپو	۳/۷۹	۳/۹۲	۳/۸۶	۰/۰۴۶	۰/۲۷۹	۰/۳۹۱	۰/۳۷۲	۰/۰۳۳

جدول ۳: مقایسه میانگین غلظت سیلیس آزاد گرد و غبار قابل استنشاق در قسمت های مختلف تونل مورد مطالعه با مقادیر حدود تماس شغلی و ACGIH

کارگاه	تراکم گرد و غبار قابل استنشاق (mg/m^3)	تراکم سیلیس آزاد در قابل استنشاق (mg/m^3)	حد تماس شغلی (TLV) (mg/m^3)	C/TLV (٪)	حد تماس شغلی (AOE) (mg/m^3)	C/OEL (٪)
حفاری	۶/۲۹	۶/۴۳	۶/۳۷	۰/۰۴۵	۰/۳۸۹	۰/۴۱۸
آرماتوربندی	۲/۷۳	۲/۸۵	۲/۷۹	۰/۰۳۴	۰/۱۰۱	۰/۱۲۱
سیمان زنی	۲/۶۹	۲/۸۹	۲/۸۰	۰/۰۵۸	۰/۱۰۳	۰/۲۹۳
حمل و انتقال خاک	۳/۵۱	۳/۸۸	۳/۶۱	۰/۰۱۰	۰/۳۰۷	۰/۳۸۵
تخلیه و دپو	۳/۷۹	۳/۹۲	۳/۸۶	۰/۰۴۶	۰/۲۷۹	۰/۳۹۱

C: میانگین تراکم سیلس آزاد در گرد و غبار قابل استنشاق بر حسب mg/m^3
TLV (Threshold Limit Value: حدود مجاز استاندارد تماس شغلی ACGIH بر حسب mg/m^3
AOE (Allowable Occupational exposure: حد تماس شغلی عوامل بیماری زای ایران بر حسب mg/m^3

ایستگاه‌های مختلف با یک‌دیگر اختلاف معنی داری وجود دارد (P< ۰,۰۵). نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد که میزان تراکم سیلیس آزاد در گردوغبار قابل استنشاق در کارگاه ها و فرایندهای مختلف متروی تهران از اختلاف معنی داری برخوردار است (P< ۰,۰۵). با مقایسه میانگین تراکم وزنی سیلیس آزاد در گردوغبار قابل استنشاق در منطقه تنفسی کارگران قسمت های حفاری، آرماتوربندی، سیمان زنی، حمل و انتقال خاک، تخلیه و دپو با حدود مجاز مواجهه شغلی، میزان سیلیس آزاد به ترتیب ۴/۰۷ ،

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-31]

۱/۱ ، ۲/۶۱ ، ۳/۲۴ و ۳/۷۲ برابر حد مجاز مواجهه شغلی سازمان ACGIH است. نتایج به دست آمده نشان می دهد که میزان گرد و غبار در هوای محیط کار متروی تهران و غلظت سیلیس آزاد آن بیش‌تر از حد مجاز است Mieke. و همکاران در سال ۲۰۰۱ غلظت سیلیس آزاد را در صنایع ساختمانی کشور هلند گزارش نمودند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که غلظت کوارتز قابل استنشاق ۱۰ برابر استاندارد ملی کشور هلند است (Mieke and Ton Spee, 2001). در سال ۱۹۹۲ آقای Moser تراکم سیلیس آزاد قابل استنشاق را در فرایند تخریب ساختمان مورد مطالعه قرار داد. نتایج تحقیق ایشان نیز نشان داد که ۸۰ درصد از ۴۴ نمونه اندازه گیری شده در فرایند فوق بالاتر از استاندارد کشور سوییس بوده است (Moser, 1992). Riala و همکاران در سال ۱۹۸۸ مواجهه شغلی کارگران ساختمانی را در کشور فنلاند مورد بررسی قرار دادند. در مطالعه حاضر بالاترین غلظت کوارتز قابل استنشاق مربوط به فرایند جارو کردن درعملیات ساختمان سازی بود (Riala, 1988).

نتیجه گیری

با توجه به بالا بودن میزان سیلیس آزاد در گردوغبار قابل استنشاق کارگاه های حفر تونل متروی شمال تهران، تامین سیستم کنترلی تهویه، اجرای تمهیدات مدیریتی کنترلی از جمله نظافت عمومی، بهسازی محیط کار و آموزش بهداشت کارگران شاغل در کارگاه های حفر تونل مترو جهت جلوگیری از مواجهه شاغلین از محدوده تراکم مجاز توصیه می گردد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب تشکر و قدردانی خود را از واحد مدیریت خط ۱ تهران و نیز کارشناسان محترم آزمایشگاه دانشگاه علوم پزشکی تهران و شهید بهشتی که نقش به‌سزایی در این مطالعه داشتند، اعلام می‌دارند.

منابع

1. ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological indices. Cincinnati: ACGIH, 2009.
2. Amandus HE, Shy C, Castellan RM, Blair A, Heineman EF. Silicosis and lung cancer among workers in the North Carolina dusty trades. Scand J Work Envir Hlth 1995; 21(2): 81-4.
3. De Vuyst P, Camus P. The past and the present of pneumoconiosis. Curr Opin Pulm Med 2000; 6 (2): 151-6.
4. Garyc A, Samimi B, Ziskind M, Weill H. X-ray diffraction determination of alpha-quartz in respirable and total dust sample from sandblasting operation. Am Ind Hyg Assoc J 1993.
5. Hodel T, Schegel H, Ruttner JR. Backstein-Und Betonbohrersilikose (Brick and concrete drillers silicosis). Schweiz med Wsch 1977; 107: 1896-9.
6. Lomax JD, Johanning E. Occupational medicine. Lippinott, Williams & Wilkins, 2001; p:141-43.
7. Maciejewska, A., Occupational exposure assessment for crystalline silica dust: approach in Poland and worldwide. Int J Occup Med Environ Health, 2008. 21(1): p. 1-23.
8. Mieke EG, L, Ton Spee. Determinants of exposure to respirable quartz dust in the construction Industry. Ann Occup Hyg, 2001; 45(7): 585-595.
9. Moser HA. Staubefaehrdung bei Arbeiten im Hochbau (Risk of dust exposure when working at construction sites). Staub 1992; 52: 163-7.
10. Neghab M, et al. Work-related respiratory symptoms and ventilatory disorders among employees of a cement industry in Shiraz, Iran. J occup health 2007, 49: 273-278

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-31]

11. NIOSH Manual of Analytical Methods: 7601, Silica, Crystalline, by VIS, 2003
12. Riala R. Dust and quartz exposure of finnish construction site cleaners. Ann Occup Hyg 1988; 32: 215-20.
13. Steenland K, Mannetje A, Boffetta P, Stayner L, Attfield M, Chen J, et al. International
14. agency for research on cancer. Pooled exposure-response analyses and risk assessment for lung cancer in 10 cohorts of silica-exposed workers: an IARC multicentre study. Cancer Causes Control 2001; 12(9): 773-84
15. Tomb TF, Gero AJ, Kogut J. Analysis of quartz exposure data obtained from underground and surface coal mining operations. Appl Occupa Envir Hyg 1995; 10: 1019-27.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2025-01-31]