

بررسی انتشار سیلیس آزاد در هوای کارگاه های سنگ کوبی منطقه ازندریان همدان به روش پراکنش اشعه ایکس

محسن علی آبادی*، دکتر عبدالرحمن بهرامی**، دکتر حسین محبوب***، مهندس فرشید قربانی****
مهندس محمدعلی برقی*****، دکتر فریده گلبابائی*****

دریافت: ۸۵/۱۰/۳۰، پذیرش: ۸۶/۳/۲۱

چکیده:

مقدمه و هدف: جهت تعیین حدود مجاز تماس شغلی گردوغبار قابل استنشاق، تعیین درصد سیلیس آزاد گردوغبار استنشاقی شاغلین ضرورت دارد تا براساس حدود مجاز تعیین شده، مواجهه شاغلین مورد ارزیابی قرار گیرد. هدف از این مطالعه تعیین انتشار سیلیس آزاد در هوای کارگاه های سنگ کوبی منطقه ازندریان همدان بود.

روش کار: در این پژوهش توصیفی - تحلیلی ۴۰ نمونه گردو غبار از کارگاه های مختلف سنگ کوبی تهیه شد که نمونه برداری از گردوغبار قابل استنشاق بر اساس روش شماره ۷۵۰۰ سازمان NIOSH و با استفاده از پمپ نمونه بردار همراه با سیکلون در ارتفاع ناحیه تنفسی و در ایستگاه های مختلف کاری فرایند سنگ کوبی صورت گرفت. تعیین مقدار گردوغبار به روش گراویمتری و تعیین مقدار سیلیس آزاد به روش پراکنش اشعه ایکس صورت گرفت.

نتایج: نتایج نشان داد در کارگاه های درجه ۲ میزان تراکم گردوغبار قابل استنشاق برابر با $1.17-1.24 \text{ mg/m}^3$ و میزان تراکم کوارتز برابر با $0.94-1.03 \text{ mg/m}^3$ می باشد. در کارگاه های درجه ۱ نیز میزان تراکم گردوغبار قابل استنشاق برابر با $0.81-1.07 \text{ mg/m}^3$ و میزان تراکم کوارتز برابر با $0.79-1.05 \text{ mg/m}^3$ می باشد. بر این اساس میزان سیلیس آزاد گردوغبار قابل استنشاق در کارگاه های تولید پودر سیلیس نوع درجه یک برابر با $97/5\%$ و در کارگاه های تولید پودر سیلیس نوع درجه دو برابر با $81/3\%$ است که این اختلاف درصد از لحاظ آماری معنی دار می باشد ($P_{\text{Value}}=0.0001$).

نتیجه نهایی: با مقایسه میانگین وزنی زمانی گردوغبار قابل استنشاق کارگاه های سنگ کوبی مورد مطالعه با حدود تماس شغلی اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. بر این اساس میزان تراکم گردوغبار در کارگاه ها پایین تر از حدود مجاز تماس شغلی می باشد.

پراکنش اشعه ایکس / سیلیس آزاد / کارگاه های سنگ کوبی

مقدمه:

عمده سیلیس میتوان به استفاده از آن در فرآیند ریخته گری کارخانجات، تهیه پودرهای لباس شویی و پاک کننده ها، فرایند ماسه زنی قطعات، تهیه انواع ترکیبات

سیلیس بعنوان یکی از مهم ترین مواد معدنی در مصارف مختلف صنعتی دنیا محسوب می شود. از مصارف

* کارشناسی ارشد بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان (mohsen_ohse@yahoo.com)

** دانشیار گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان

*** دانشیار گروه آمار حیاتی و اپیدمیولوژی دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان

**** عضو هیأت علمی گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی همدان

***** عضو هیأت علمی گروه زمین شناسی دانشکده علوم دانشگاه تهران

***** استاد گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران

می پردازند، تأیید کننده این موضوع است. در این منطقه صنعتی ۳۲ کارگاه سنگ کوبی وجود دارد که حدود ۵۰۰ نفر در این کارگاه هابصورت مستقیم و غیر مستقیم شاغل هستند(۵). از جمله عوامل موثر در ابتلا کارگران به بیماری سیلیکوزیس در محیط های کاری ، تراکم گردوغبار سیلیس در محیط کار، درصد سیلیس آزاد در گردوغبار موجود و مدت زمان مواجهه کارگران با گردوغبار است(۵).

بطور معمول پایش شغلی برای مواجهه با ذرات سیلیس از طریق نمونه برداری و آنالیز سه شکل بلوری پلی مورف سیلیس انجام می گیرد که البته شکل تردیمیت در مکان های صنعتی بندرت یافت می شود و کریستوبالیت نیز در بعضی موارد خاص وجود دارد. تقریباً حدود ۴ درصد از توده مواد صنایع حاوی کریستوبالیت هستند. در آمریکا حدود ۲/۸ میلیون کارگر در مواجهه با ذرات سیلیس بلوری به شکل کوارتز می باشند. بر این اساس سیلیس بلوری در گردوغبار های صنعتی عمدتاً بصورت کوارتز نمایان می گردد(۶). در ارتباط با تعیین مقدار سیلیس آزاد در محیط های کار مطالعات مختلفی صورت گرفته است. بانکس و همکاران غلظت سیلیس آزاد را در دو آسیاب تولید پودر سیلیس که موارد بیشتر سیلیکوزیس در آن گزارش شده بود، مورد بررسی قرار دادند. غلظت سیلیس آزاد در ۸۵٪ نمونه های گردوغبار قابل استنشاق بیشتر از ۰/۵ mg/m³ و مقدار سیلیس آن بین ۹۵ تا ۹۸ درصد متغیر بود. ضمناً این محققین بررسی دیگری در ۲۱ آسیاب تولید پودر سیلیس انجام دادند که از ۱۰۴۴ نمونه گردو غبار ، تعداد ۵۶۳ نمونه از کل نمونه ها، غلظتی بیشتر از ۰/۱ mg/m³ کوارتز قابل استنشاق داشتند(۷). مطالعه فالکر در کارگاه های سنگ کوبی ایالت راجستان هندوستان نشان داد که میانگین تراکم ذرات کل در هوای این کارگاه ها ۲۲/۵ mg/m³ و میانگین تراکم ذرات قابل استنشاق ۲/۹۳ mg/m³ بوده و با توجه به درصد سیلیس آزاد گردوغبار (۷۵٪) میزان مواجهه شاغلین بالاتر از حد مجاز تماس شغلی (PEL= 0.36 mg/m³) گزارش گردید(۸). در ارتباط با اهمیت استفاده از روش پراکنش اشعه ایکس در تجزیه کیفی و کمی سیلیس یانکو و همکاران مقایسه سه روش رایج تعیین سیلیس آزاد شامل روش شیمیایی کالریمتری و اسپکتوفتومتری مادون قرمز و

مواد شیمیایی لعاب ورنگ و بالاخره بعنوان ماده اولیه ساخت انواع بلور و شیشه اشاره نمود(۱). سیلیس به دوشکل عمده بلوری (Crystalline) که بسته به میزان حرارت زمان تشکیل به سه شکل کوارتز، تری دیمیت و کریستوبالیت دیده می شود و فرم بی شکل (Amorph) که مولکول های مختلف نسبت به یکدیگر دارای ارتباط فضایی نامشابه هستند ، وجود دارد. اشکال بلوری سیلیس تحت درجه حرارت و فشار معین به یکدیگر تبدیل می شوند. بدین جهت در فرآیند های مختلف با توجه به دما و فشار اشکال مختلف بلوری کوارتز ، کریستوبالیت و تری دیمیت مشاهده می شود(۲). سیلیکوزیس بعنوان مهم ترین بیماری ریوی ناشی از کار در نتیجه استنشاق مستمر گردوغبار حاوی سیلیس آزاد بلوری ایجاد می شود. در سیراین بیماری عوارضی مانند عفونت های ریوی، سل ریوی، پنوموتراکس، نارسایی قلبی و هموپتیزی بتدریج ظاهر می گردد. موضوع مهم در این بیماری قابلیت پیشرفت زیاد ضایعات سیلیکوزی است که حتی در صورتی که کارگر پس از شروع بیماری از محیط آلوده به گردوغبار دور شود، ضایعات همچنان سیر بیماری زایی خود را ادامه خواهد داد(۳). لازم به ذکر است که سیلیس بعنوان ماده سرطان زای ریه توسط سازمان بین المللی تحقیقات سرطان شناخته شده و بر این اساس ضرورت ارزیابی آلاینده های ذره ای سیلیس در محیط های کاری بیش از پیش نمایان گردیده است(۴).

کارگران صنایع مختلفی به اقتضای شغلی در معرض خطر ابتلاء به بیماری سیلیکوزیس قرار دارند از جمله مهم ترین این صنایع ، کارگاه های سنگ کوبی هستند که سنگ های معدن حاوی سیلیس را آسیاب ، پودر ودانه بندی نموده و بصورت سیلیس درجه ۱ ودرجه ۲ در اختیار صنایع مصرف کننده قرار می دهند. سیلیس درجه ۱ نوع مرغوب تر سیلیس و حاوی درصد بالایی از سیلیس آزاد یا بلوری است در صورتی که در محصول نوع درجه دو ، درصد پائین تری از سیلیس بلوری وجود دارد. بدلیل ماهیت فرایند سنگ کوبی که عمدتاً عملیات آسیاب و خردکردن و غربال است ، کارگران شاغل در این کارگاه ها در مواجهه با گردوغبار فراوان قرار دارند و ابتلاء تعدادی از کارگران طی سال های گذشته به بیماری ها و عوارض ریوی در کارگاه های سنگ کوبی از ندریان همدان که به تولید ودانه بندی سیلیس و سایر فرآورده های معدنی

شماره ۷۵۰۰ سازمان NIOSH انجام گرفت (۱۴). در این مطالعه جهت نمونه برداری از وسایل نمونه برداری شامل پمپ نمونه برداری فردی مدل 224-PCXR3 ساخت SKC آلمان، سیکلون نمونه برداری نایلونی ۱۰ mm و فیلترهای PVC با قطر ۲۵ mm استفاده گردید. فیلترها قبل و بعد از نمونه برداری به مدت ۲۴ ساعت در دسیکاتور قرار گرفت. کالیبراسیون پمپ نمونه برداری نیز با استفاده از روماتر در دبی ۱/۸ lit/min صورت گرفت و عملیات نمونه برداری از گردوغبار با استفاده از سیکلون نایلونی در ارتفاع ناحیه تنفسی کارگران (۱/۸-۱/۵) صورت گرفت. جهت انجام تجزیه نمونه ها به روش پراکنش اشعه ایکس ابتدا محلول استاندارد مادر و سپس محلول های استاندارد کاربردی در محدوده ۲۰ μg تا ۱۰۰۰ μg تهیه و منحنی کالیبراسیون بین مقادیر کوارتز خالص و میزان شدت پراش آنها ترسیم گردید. سپس با استفاده از دستگاه فیلتراسیون شامل کیف بوختر همراه با فیلتر و گیره مخصوص و پمپ مکند، محلول های استاندارد کوارتز از روی فیلترهای غشایی نقره ای با قطر ۳۷mm و خلل و فرج ۰/۸ μm عبور داده شد. جهت آماده سازی نمونه های اصلی نیز ابتدا فیلترهای PVC حاوی نمونه ها در محلول تتراهیدروفوران هضم و سپس عمل انتقال نمونه های گردوغبار بر روی فیلتر غشایی نقره ای صورت گرفت. پس از انجام عملیات آماده سازی، شدت پراش نمونه های استاندارد و اصلی با استفاده از دستگاه پراش اشعه ایکس قرائت گردید. برای تجزیه نمونه ها از دستگاه پراش سنج پودری پرتو ایکس مدل D5000 شرکت زیمنس آلمان مستقر در آزمایشگاه XRD دانشکده زمین شناسی دانشگاه تهران استفاده گردید.

ژنراتور اشعه X در ولتاژ ۴۰ KV و آمپراژ ۳۵mA تنظیم گردید. با استفاده از پنس نمونه ها را به بخش نگهدارنده نمونه در دستگاه منتقل نموده و با استفاده از سیستم رایانه دستگاه و نرم افزار (1996) DIFFRACT AT شرکت زیمنس جهت تحلیل اطلاعات، شدت پراش نمونه ها اندازه گیری گردید. زاویه 2θ مربوط به پیک اول، دوم و سوم کوارتز جهت قرائت شدت پراش آن به ترتیب ۵۰/۱۸، ۲۰/۲۶، ۸۸/۶۶ بوده و بر این اساس فضای D نیز به ترتیب برابر با ۳/۳۴۱، ۴/۲۵۱ و ۱/۸۱۷ می باشد. تشخیص کیفی گردوغبار حاوی سیلیس با استفاده از دستگاه پراکنش اشعه ایکس و بر مبنای روش هاناوالد صورت

پراکنش اشعه X را انجام دادند. از مقایسه نتایج مشخص گردید که پراکنش اشعه X تنها روشی است که می توان توسط آن با دقت و صحت کافی سیلیس آزاد را در نمونه ها تعیین مقدار نمود و از فواید دیگر این روش سرعت زیاد در تجزیه نمونه های گردوغبار سیلیس است (۹). همچنین در مطالعاتی نیز مشخص گردید که روش پراکنش اشعه X قابل قبول ترین روش برای تعیین مقدار کوارتز و کریستوبالیت می باشد (۱۰، ۱۱).

در ارتباط با مطالعات صورت گرفته در ایران فریده گلبابائی و همکاران در معدن سنگ های ساختمانی سنجدک کاشمر مقدار سیلیس آزاد را به روش پراکنش اشعه ایکس مورد بررسی قرار دادند که بیشترین نسبت میانگین تراکم کوارتز به گردوغبار قابل استنشاق در ایستگاه چکش ۰/۵۱٪ و کمترین نسبت میانگین تراکم کوارتز به گردوغبار قابل استنشاق در ایستگاه گریدر ۰/۱۹٪ گزارش گردید (۱۲). همچنین حبیب الله دهقان انتشار سیلیس آزاد در یک صنعت شیشه سازی را به روش پراکنش اشعه X مورد بررسی قرار داد و نتایج مطالعه نشان دهنده بالابودن میانگین تراکم گردوغبار از حد مجاز تماس شغلی بود (۱۳). با بررسی های بعمل آمده در حد توانایی پژوهشگران تاکنون در ارتباط با انتشار سیلیس آزاد با استفاده از روش پراکنش اشعه X در کارگاه های سنگ کوبی کشور مطالعه ای صورت نگرفته است از این رو، در این مطالعه انتشار سیلیس آزاد در هوای کارگاه های سنگ کوبی منطقه ازندریان همدان بعنوان بزرگ ترین واحدهای تولید سیلیس کشور اندازه گیری گردید تا با تعیین مقادیر حد تماس شغلی بر اساس میزان سیلیس آزاد، مواجهه شاغلین مورد ارزیابی قرار گرفت.

روش کار:

در این مطالعه توصیفی تحلیلی بر اساس پیش آزمون صورت گرفته در کارگاه های سنگ کوبی، میانگین وانحراف معیار تراکم گردوغبار سیلیس در بین کارگاه ها ($1790 \text{ mg/m}^3 \pm 200.14 \text{ mg/m}^3$) تعیین گردید که با لحاظ نمودن خطای نمونه گیری معادل ۱۵٪ میانگین صفت و فاصله اطمینان ۹۵٪، حداقل نمونه مورد نیاز برابر با ۴ کارگاه تعیین شد. با توجه به ۵ ایستگاه مهم کاری در فرایند سنگ کوبی، در هر کارگاه ۱۰ نمونه و تعداد کل نمونه های گردوغبار برابر با ۴۰ نمونه تعیین گردید. نمونه برداری گردوغبار قابل استنشاق بر اساس روش

بر اساس تشخیص کیفی ترکیبات گرد و غبار هوای کارگاه ها شامل خاک رس (Illite, Moscovite) ، کوارتز (SiO_2) و کلسیت (CaCO_3) می باشد. با توجه به داده های حاصل از اندازه گیری شدت پراش غلظت های مختلف کوارتز خالص جهت ترسیم منحنی استاندارد ، ضریب همبستگی بین این دو متغیر برابر با ۰/۹۵۶ و معادله خط آن برابر با $Y=1.097X-119.7$ می باشد. نتایج آزمون آماری نشان داد که بین تراکم کوارتز قابل استنشاق و شدت پراش اشعه ایکس همبستگی وجود دارد ($P\text{-Value}=0.0002$). نتایج اندازه گیری تراکم کوارتز قابل استنشاق بر اساس نوع کارگاه بعد از راه اندازی سیستم تهویه در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: توزیع تراکم کوارتز قابل استنشاق بر اساس نوع کارگاه بعد از راه اندازی سیستم تهویه

| میانگین تراکم نمونه | انحراف معیار | حداقل و حداکثر تراکم | تعداد نمونه | کارگاه |
|---------------------|-----------------|----------------------|-------------|-------------------|
| mg/m^3 | mg/m^3 | mg/m^3 | | |
| ۰/۹۴ | ۰/۴۹ | ۰/۵-۱/۸۴ | ۱۰ | کارگاه اول درجه ۲ |
| ۱/۰۳ | ۰/۵۸ | ۰/۴۹-۲/۲۷ | ۱۰ | کارگاه دوم درجه ۲ |
| ۰/۷۹ | ۰/۴۲ | ۰/۳۴-۱/۲۹ | ۱۰ | کارگاه اول درجه ۱ |
| ۱/۰۵ | ۰/۸۹ | ۰/۲۱-۲/۵ | ۱۰ | کارگاه دوم درجه ۱ |

همچنین نتایج تعیین درصد سیلیس آزاد بر اساس مقایسه میزان تراکم کوارتز نسبت به تراکم گرد و غبار قابل استنشاق بر اساس نوع کارگاه بعد از راه اندازی سیستم تهویه و نتایج مقایسه میانگین تراکم گردوغبار قابل استنشاق با حدود مجاز تماس شغلی در کارگاه های سنگ کوبی در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج آزمون آماری نشان داد که بین درصد سیلیس آزاد در کارگاه های سنگ کوبی تولید سیلیس درجه یک و درجه دو بعد از راه اندازی سیستم تهویه اختلاف معنی داری وجود دارد ($P\text{-Value}=0.0001$). میزان سیلیس آزاد گردوغبار کارگاه های درجه دو برابر با ۸۱/۳٪ و در کارگاه های درجه یک برابر با ۹۷/۵٪ می باشد.

گرفت. تشخیص کیفی از طریق منحنی پراش و بر مبنای سه پیک اول بزرگتر و با تعیین فواصل D و زوایای 2θ این پیکها و با مراجعه به کارت های International (JCPDS) Center of Powder Diffraction Database صورت گرفت.

با استفاده از نرم افزار Curve Expert 1.3 بر اساس رگرسیون خطی و تعیین معادله درجه یک ، منحنی های کالیبراسیون ترسیم گردید. منحنی اول استاندارد مربوط به مقادیر در محدوده ۲۰ تا ۳۰۰ میکروگرم کوارتز و منحنی دوم استاندارد مربوط به مقادیر در محدوده ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ میکروگرم کوارتز ترسیم گردید. منحنی های کالیبراسیون شده در ارتباط با رفتار ذرات سیلیس بلوری بر اساس شدت پراش اشعه ایکس با منحنی کالیبراسیون ترسیم شده در روش MDHS 101 سازمان HSE مطابقت داشت (۱۵).

اطلاعات حاصل از اندازه گیری ها با استفاده از نرم افزار Spss10 و آزمون های آماری t-test رگرسیون خطی مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای مقایسه تراکم گردوغبار قابل استنشاق با حد تماس شغلی (OSHA(PEL)، مقادیر حد تماس شغلی از رابطه زیر تعیین گردید (۶).

$$OSHA = \frac{10}{\%SiO_2 + 2} (\text{mg} / \text{m}^3)$$

نتایج:

نتایج آزمون آماری نشان داد که بین میانگین تراکم گردوغبار قابل استنشاق در کارگاه های سنگ کوبی تولید سیلیس درجه یک و درجه دو بعد از راه اندازی سیستم تهویه موضعی اختلاف معنی داری وجود ندارد ($P\text{-Value}=0.104$). بیشترین میانگین تراکم گردوغبار قابل استنشاق برابر با $1/24 \text{ mg/m}^3$ مربوط به کارگاه دوم درجه ۲ و کمترین میزان تراکم گردوغبار قابل استنشاق برابر با $0/81 \text{ mg/m}^3$ مربوط به کارگاه اول درجه ۱ می باشد (جدول ۱).

جدول ۱: توزیع تراکم گردوغبار قابل استنشاق در کارگاه های سنگ کوبی بعد از راه اندازی سیستم تهویه

| میانگین تراکم نمونه | انحراف معیار | حداقل و حداکثر تراکم | تعداد نمونه | کارگاه |
|---------------------|-----------------|----------------------|-------------|-------------------|
| mg/m^3 | mg/m^3 | mg/m^3 | | |
| ۱/۱۷ | ۰/۶۲ | ۰/۶۲-۲/۲۹ | ۱۰ | کارگاه اول درجه ۲ |
| ۱/۲۴ | ۰/۷ | ۰/۶-۲/۷۵ | ۱۰ | کارگاه دوم درجه ۲ |
| ۰/۸۱ | ۰/۴۴ | ۰/۳۵-۱/۳۳ | ۱۰ | کارگاه اول درجه ۱ |
| ۱/۰۷ | ۰/۹۱ | ۰/۲۲-۲/۶ | ۱۰ | کارگاه دوم درجه ۱ |

جدول ۳: مقایسه تراکم گردوغبار قابل استنشاق در بیک

مواجهه داخل کارگاه با حدود تماس شغلی

| تراکم گردوغبار (C) mg/m ³ | تراکم کوارتز mg/m ³ | درصد سلیس آزاد | حد تماس شغلی | | حد تماس | |
|---|-----------------------------------|----------------|--------------|-------------------------------|------------|-------------------------------|
| | | | C شغلی (%) | PEL شغلی (mg/m ³) | C شغلی (%) | OEL شغلی (mg/m ³) |
| ۱/۱۷ | ۰/۹۴ | ۸۰/۵ | ۰/۱ | ۹/۷۵ | ۰/۱۲ | ۱۱/۷ |
| ۱/۲۴ | ۱/۰۳ | ۸۲/۸ | ۰/۱ | ۱۰/۵ | ۰/۱۱۸ | ۱۲/۴ |
| ۰/۸۱ | ۰/۷۹ | ۹۷/۲۵ | ۰/۱ | ۸/۱ | ۰/۱ | ۸/۱ |
| ۱/۰۷ | ۱/۰۵ | ۹۷/۷۳ | ۰/۱ | ۱۰/۷ | ۰/۱ | ۱۰/۷ |

C: میانگین تراکم گردوغبار قابل استنشاق بر حسب mg/m³OEL (Occupational Exposure limit): حدود مجاز استاندارد تماس شغلی ایران بر حسب mg/m³PEL (Permissible Exposure Limit): حدود مجاز استاندارد تماس شغلی OSHA بر حسب mg/m³

نتایج آزمون آماری نشان داد بین میانگین تراکم وزنی زمانی گردوغبار در کارگاه های تولید سلیس درجه یک با حدمجاز تماس شغلی ایران وحد مجاز تماس شغلی OSHA اختلاف معنی داری وجود ندارد (P-Value= 0.457). نتایج آزمون آماری نشان داد بین میانگین تراکم وزنی زمانی گرد و غبار قابل استنشاق در کارگاه های تولید سلیس درجه دو با حد مجاز تماس شغلی ایران اختلاف معنی داری وجود دارد (P-Value= 0.006) ولی در مقایسه با حدمجاز تماس شغلی OSHA این اختلاف معنی داری نمی باشد (P-Value= 0.113).

بحث:

بر اساس نتایج بدست آمده بالابودن میزان تراکم وزنی زمانی گردوغبار قابل استنشاق در کارگاه های درجه یک در مقایسه با حدود مجاز استاندارد تماس شغلی معنی دار نبود و میزان آلاینده در محدوده مجاز قرار داشت. در کارگاه های درجه دو نیز میانگین تراکم گردوغبار در مقایسه با حد مجاز تماس شغلی OEL دارای اختلاف معنی داری بوده ولی در مقایسه حدود مجاز تماس شغلی OSHA اختلاف چندانی وجود نداشت. بانکس و همکاران غلظت سلیس آزاد را در آسیاب های تولید پودر سلیس در ۸۵٪ نمونه های قابل استنشاق بیشتر از ۰/۰۵ mg/m³ و مقدار سلیس آن بین ۹۵ تا ۹۸ درصد گزارش نمودند (۷) که در مطالعه حاضر نیز میزان سلیس آزاد در کارگاه های درجه ۱ بین ۱۰۰٪-۹۵ قرار دارد و با نتایج مطالعه ذکر شده مطابقت دارد. علت تشابه نیز بعلت یکسان بودن ماهیت فرایند سنگ کوبی ونوع مواد اولیه مصرفی می باشد.

سیواکومار در بخشی از کارگاه های سنگ کوبی هندوستان، میانگین تراکم گردوغبار را بین 22.5-80.47 mg/m³ در مجاورت منابع تولید آلودگی گزارش نمود (۱۶). همچنین در مطالعه فالکر در کارگاه های سنگ کوبی ایالت راجستان هندوستان میانگین تراکم ذرات کل در هوای این کارگاه ها ۲۲/۵ mg/m³ و میانگین تراکم ذرات قابل استنشاق ۲/۹۳ mg/m³ تعیین گردید و با توجه به درصد سلیس آزاد گردوغبار (۷۵٪) میزان مواجهه شاغلین بالاتر از حد مجاز تماس شغلی (۰/۳۶ mg/m³ PEL) گزارش شد (۸). در مطالعه حاضر میانگین تراکم گردوغبار قابل استنشاق بین ۱/۲۴-۰/۸ mg/m³ قرار دارد که بسیار پائین تر از مقادیر مطالعات ذکر شده

طی بررسی صورت گرفته، حداکثر مدت زمان کار شاغلین در کارگاه ها در طول نوبت کاری ۸ ساعته روزانه برابر با یک ساعت می باشد و بر این اساس میانگین وزنی زمانی گرد و غبار قابل استنشاق در کارگاه های سنگ کوبی بر مبنای یک ساعت کار تعیین گردید. با توجه به اینکه حدود تماس شغلی مجاز بر مبنای ۸ ساعت کاری می باشد، می بایست میانگین تراکم وزنی زمانی گردوغبار با حدود تماس شغلی مقایسه گردد. نتایج مقایسه میانگین تراکم وزنی زمانی گردوغبار (TWA) (Time Weighted Average) با حدود مجاز تماس شغلی بر اساس نوع کارگاه در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴: مقایسه میانگین تراکم وزنی گردوغبار قابل

استنشاق با حدود مجاز تماس شغلی بر اساس ۸ ساعت کار روزانه

| تراکم گردوغبار (C) mg/m ³ (TWA) | حد تماس شغلی (PEL) mg/m ³ | حد تماس شغلی (OEL) mg/m ³ | C شغلی (%) | PEL شغلی (%) | OEL شغلی (%) |
|---|---|---|------------|--------------|--------------|
| ۰/۱۴۶ | ۰/۱۲ | ۰/۱۲ | ۱/۲ | ۰/۱ | ۱/۴۶ |
| ۰/۱۵۵ | ۰/۱۱۸ | ۱/۳ | ۰/۱ | ۱/۳ | ۱/۵۵ |
| ۰/۱ | ۰/۱ | ۱ | ۰/۱ | ۱ | ۱ |
| ۰/۱۳ | ۰/۱ | ۱/۳ | ۰/۱ | ۱/۳ | ۱/۳ |

نتیجه نهائی :

با مقایسه میانگین تراکم وزنی زمانی گردوغبار قابل استنشاق در داخل کارگاه های مورد مطالعه با حدود تماس شغلی میزان گردوغبار قابل استنشاق $1/3-1$ برابر حد مجاز تماس PEL سازمان OSHA و $1/5-1$ برابر حد مجاز تماس شغلی OEL توصیه شده کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران است (۱۹).

منابع :

- Sahin G, Altindag Z, Baydar T, Isimer A. Neopterin as a new biomarker for the evaluation of occupational exposure to silica. *Int Arch Occup Environ Health* 2003; 76: 318-332.
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Hazard review: health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica. Cincinnati. DHHS (NIOSH) Publication No. 129. 2002.
- Wagner GR. The inexcusable persistence of silicosis. *Am J Public Health* 1995; 85 (10): 1346-7.
- International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans: silica and some silicates. World Health Organization. Lyon, France. 1997; 68:1-475.
- Shabani R, Tavana S, Mahjoob H, Habibi N, Mirarab S, Shirmohamadi T. Study of respiratory condition of workers employed in the silica factory of hamadan. *Occup Environ Med* 2004; 64:34-38.
- Occupational Safety and Health Administration. Quartz and cristobalite in workplace atmospheres: Method ID-142. Salt Lake City, UT: U.S. Department of Labor. Occupational Safety and Health Administration. 1996.
- Banks DE, Moring KL, Boehlecke BA, Althouse RB, Merchant JA. Silica and silicosis in silica flour workers. *Am Rev Respir Dis J*. 1981; Vol 124(4):445-50.
- Fulekar MH. Occupational exposure to dust in quartz manufacturing industry. *Ann Occup Hyg J* 1999; 143:269-273.
- Janko M, McCrae R E, Donnell J F, Austria R.J. Occupational exposure and analysis of microcrystalline cristobalite in mullite. *Am Hyg Assoc J* 1989; 50:460-465.
- Mils WJ. The measurement of crystalline silica. Review paper on analytical methods. *AIHA J* 1999; 60:396-402.
- Shulman SA, Groff JH, Abell M. Performance of laboratories measuring silica in the proficiency analytical tasting program. *AIHA J* 1992; 53: 49-56.
- Golbabaei F, Barghi M, Sakhae M. Evalua-

است. از علل آن نیز می توان به نوع تجهیزات و دستگاه های مورد استفاده و مهارت و قابلیت های حفظ و نگهداری سیستم های کنترلی تهویه در شرایط بهینه از لحاظ کنترل آلودگی اشاره نمود.

چن و همکاران طی مطالعه ای بر روی گرد و غبار قابل استنشاق در معادن فلزی و غیر فلزی، میانگین تراکم کوارتز قابل استنشاق در بیشتر از ۱۵ صنعت و ۱۴ عملیات راکمتر از 0.05 mg/m^3 گزارش نمودند و مشخص گردید که ۵٪ از کل نمونه ها حاوی بیش از 0.1 mg/m^3 سیلیس آزاد بوده است (۱۷). در مطالعه حاضر میزان سیلیس آزاد (کوارتز) در کلیه نمونه های گردوغبار بیش از 0.1 mg/m^3 بوده که بدلیل نوع سنگ معدن مصرفی در کارگاه های سنگ کوبی است. در مطالعه حبیب الله دهقان به منظور ارزیابی سیلیس آزاد در شاغلین صنعت شیشه سازی به روش XRD، میانگین تراکم سیلیس آزاد گردوغبار کل در منطقه تنفسی کارگران بطور متوسط ۲۲ برابر استاندارد OSHA بود و میانگین تراکم سیلیس آزاد گردوغبار قابل استنشاق نیز بطور متوسط $9/5$ برابر استاندارد ACGIH بود (۱۳). در مطالعه حاضر میانگین تراکم وزنی زمانی گردوغبار قابل استنشاق حداکثر $1/3$ برابر حد مجاز تماس PEL سازمان OSHA و $1/5$ برابر حد مجاز تماس شغلی OEL کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران است. مقایسه نتایج دو مطالعه نشان دهنده بالا بودن بیش از حد گردوغبار قابل استنشاق در صنعت شیشه سازی بدلیل عدم وجود سیستم های کنترلی مناسب جهت کاهش میزان آلودگی است. لازم به ذکر است حدود تماس شغلی توصیه شده سازمان های NIOSH, ACGIH برای گرد و غبار قابل استنشاق حاوی کوارتز در محیط کار برابر با 0.05 mg/m^3 می باشد (۱۸). با مقایسه میزان تراکم گرد و غبار قابل استنشاق در کارگاه های سنگ کوبی با این حد تماس شغلی اختلاف معنی داری مشاهده می گردد و تراکم گردوغبار بالاتر از حد تماس شغلی توصیه شده این سازمان ها است. بر این اساس با توجه به بالا بودن میزان سیلیس آزاد گردوغبار قابل استنشاق کارگاه های سنگ کوبی، حفظ و نگهداری سیستم های کنترلی تهویه در شرایط بهینه، اجرای اقدامات مدیریتی مکمل، بهسازی محیط های کاری و آموزش مدام شاغلین کارگاه ها جهت جلوگیری از افزایش مواجهه شاغلین نسبت به حدود مجاز تماس ضروری می باشد.

- tion of workers exposure to total, respirable and silica dust and the related health symptoms in Senjedak stone quarry. Iran Indust Health J 2004; 42: 29-33.
13. Dehghan Shahreza H, Razavizadeh N. Determination and evaluation of free silica in the respirable zone of glassworker with X-Ray Diffraction Method. Iranian J Public Health 1996; 28:121-132
 14. National Institute for Occupational Safety and Health. Silica, crystalline, by XRD (respirable): Method 7500. In: NIOSH Manual of Analytical Methods, 4th ed., 3rd Suppl. Cincinnati, OH: DHHS (NIOSH), Publication No. 127.2003
 15. HSE. Quartz in respirable airborne dusts: Laboratory method using X-ray diffraction (direct method): MDHS 101. In: Methods for the determination of hazardous substances. London: Health and Safety Executive, 2005.
 16. Sivacoumar R, Jayabalou R, Swaralatha S, Balakrishnan K. Particulate matter from stone crushing industry: size distribution and health effects. Environ Engin J 2006; 405-414.
 17. Chen W, Zhuang Z, Hearl FJ, Odencrantz J, McCawley MA, Soderholm SC. Estimating respirable crystalline silica exposures for Chinese pottery workers and Iron / Copper, Tin, and Tungsten Miners. Annals of Occupational Hygiene. 2001;45:631-642.
 18. ACGIH. Silica, Crystalline – Quartz. The documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. 9th ed. Cincinnati, OH. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. 2007.
- ۱۹- وزارت بهداشت، کمیته فنی بهداشت حرفه ای مرکز مدیریت سلامت محیط و کار. حدود تماس شغلی عوامل بیماری زا، تهران: انتشارات آروبیج، ۱۳۸۱.