مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای
مقاله پژوهشی
دوره ۳، شماره ۱، بهار ۹۵

بررسی مقایسه‌ای هزینه–سود سیستم تلفیقی تهویه صنعتی و مرطوب سازی با فیلترخانه در یک شرکت فرآوری مواد معدنی

مرتضی بابائی [۱]، فرشید قربانی شهنا [۲،*]، عبدالرحمن بهرامی [۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، قطب علمی بهداشت حرفه‌ای و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۲] دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، قطب علمی بهداشت حرفه‌ای و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
[۳] استاد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، قطب علمی بهداشت حرفه‌ای، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

* **نویسنده مسئول:** فرشید قربانی شهنا، دانشیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، قطب علمی بهداشت حرفه‌ای و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. ایمیل: fghorbani@umsha.ac.ir

DOI: 10.21859/johe-03016

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۵/۰۳/۱۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۴/۲۲

واژگان کلیدی:
هزینه-سود
مرطوب سازی
سیکلون
فیلتر خانه
غبار

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

مقدمه: کنترل ذرات منتشره از فرآیندهای فرآوری مواد معدنی و انتخاب سیستم‌های اقتصادی و مناسب کنترل آلودگی هوا یک امر ضروری است. این مطالعه باهدف بررسی هزینه-سود سیستم کنترل آلودگی اجراشده در واحدهای سنگ‌شکن یک شرکت فرآوری مواد معدنی و مقایسه آن با پالایش گر پرهزینه‌تر فیلترخانه صورت گرفت.

روش کار: سیستم تهویه مکنده موضعی، مرطوب سازی و سیکلون های بازده بالای مدل استایرمند با اقتباس از استانداردها و راهنماهای موجود، طراحی و نصب شد. سپس عملکرد سیستم مرطوب سازی و تهویه صنعتی به صورت مجزا و تلفیقی در کنترل ذرات منتشره در هوای محیط کار، مواجهه فردی و انتشار زیست‌محیطی مورد ارزیابی قرار گرفت. در نهایت آنالیز هزینه-سود این سیستم در مقایسه با سیستم پرهزینه‌تر فیلتر خانه مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: بازده سیستم تلفیقی در کاهش میزان مواجهه فردی و غبار محیطی در خط یک سنگ‌شکن به ترتیب ۸۷ و ۹۵ درصد و در خط دو سنگ‌شکن ۸۸ و ۹۵ درصد بود. همچنین غلظت غبار خروجی از سیستم تهویه در خط یک و دو سنگ‌شکن به ترتیب ۱۲۱/۲۸ mg/m^3 و ۱۱۲/۶۸ mg/m^3 به دست آمد. هزینه ساخت و راهبری سالیانه سیستم تلفیقی نسبت به فیلتر خانه به ترتیب ۲/۱۷ میلیارد ریال و ۹۹۲ میلیون ریال کاهش‌یافته است و سود سالانه جمع‌آوری غبار معدنی توسط سیکلون ۵۱۸ میلیون ریال برآورد شد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده سیستم تلفیقی اجراشده کاهش قابل‌توجهی از غبار منتشره در محیط کار و محیط‌زیست را داشته است. همچنین مطابق با تحلیل‌های اقتصادی صورت گرفته، در هزینه‌های ساخت و راهبری سالیانه سیستم تلفیقی در مقایسه با فیلتر خانه به ترتیب ۷۳ و ۸۰ درصد صرفه‌جویی شده است و در کمتر از ۲۲۰ روز هزینه ساخت و اجرای پروژه از سود جمع‌آوری غبار معدنی توسط سیستم تلفیقی، جبران خواهد گشت بنابراین می‌توان در شرایط مشابه این سیستم را به عنوان یک راهکار مناسب و اقتصادی پیشنهاد داد.

مقدمه

در طول ۵۰ سال گذشته با توسعه صنایع در ایران شکلی از یک جامعه صنعتی در استان‌های مختلف به وجود آمده است به طوری که ده‌ها هزار واحد صنعتی در کشور در حال فعالیت هستند. بسیاری از این صنایع به علت مشکلات فنی و عدم وجود نیروی کار متخصص در خصوص محیط‌زیست، مواد آلاینده را به شکل‌های مختلف در محیط اطراف پخش می‌نمایند [۱]. طبق برآورد سازمان بهداشت جهانی سالانه ۵۰۰ هزار نفر پیش از رسیدن به سن بلوغ، به علت قرار گرفتن در معرض غلظت‌های محیطی ذرات معلق می‌میرند. در بریتانیا به تنهایی، این رقم در حدود ۱۰ هزار نفر است. همچنین سازمان بهداشت جهانی، هزینه سالیانه بهداشتی ناشی از آلودگی هوا را در کشورهای اتریش، فرانسه و سوئیس در حدود ۳۰ میلیارد پوند برآورد کرده که مطابق با ۶ درصد مجموع میزان مرگ‌ومیر است. در ایالات‌متحده هزینه سالیانه بهداشتی ناشی از غلظت ذرات،

بالغ بر ۲۳ میلیارد پوند برآورد شده است. بر اساس گزارش بانک جهانی برآورد خسارات سالیانه آلودگی هوا در ایران نشان می‌دهد که خسارت مرگ‌ومیر ناشی از آلودگی هوای شهری، سالانه ۶۴۰ میلیون دلار معادل ۰/۵۷ درصد از تولید ناخالص داخلی است [۲, ۳].

انتشار ذرات در هوای محیط کار در بسیاری از فرآیندهای فرآوری مواد معدنی اجتناب‌ناپذیر است. غبار تولیدشده از فعالیت‌های معدنی یک موضوع مهم در ارتباط با تأثیر آن بر سلامت انسان، محیط‌زیست، ایمنی و بهره‌وری می‌باشد. از مهم‌ترین منابع انتشار غبار در این فرآیندها سنگ‌شکن‌ها، سرند ها و نوار نقاله‌ها می‌باشند. موضوعات مربوط به انتشار غبار تحت تأثیر چندین پارامتر شامل شرایط آب و هوایی، فرایندهای مکانیکی، خصوصیات مواد و فن‌آوری‌های کنترل می‌باشد [۴, ۵]. با افزایش دانش در مورد اثرات زیان‌بار آلاینده‌های محیطی، صنایع با مقررات سخت‌گیرانه‌تری برای تخلیه هوای آلوده ناشی از فعالیت‌های مختلف به محیط مواجه می‌شوند. این مقررات به طور فزاینده‌ای سخت‌گیرانه هستند و حدود قانونی انتشار، به طور مداوم در حال کاهش است[۶].

امروزه اهمیت کنترل آلودگی هوا با توجه به بیماری‌های مختلف ناشی از آلودگی هوا افزایش یافته است [۷]. سیستم‌های کنترل غبار یکی از روش‌های کنترل مهندسی می‌باشند که شرکت‌های فراوری مواد معدنی به منظور کنترل غبار و کاهش مواجهه کارگران با آن، به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌دهند [۸]. مطالعات مختلف، تجهیزات کنترلی متنوعی ازجمله اسپری آب، سیکلون، اسکرابر، فیلتر خانه و رسوب دهنده‌های الکترواستاتیک را جهت کنترل ذرات توصیه نموده‌اند [۹-۱۱]. سیستم‌های مرطوب سازی یکی از قدیمی‌ترین و ساده‌ترین روش‌های کنترل ذرات در فرآیندهای فرآوری مواد معدنی است، در اکثر فرآیندهای فرآوری مواد معدنی از اسپری آب در محل تولید و انتشار غبار جهت کنترل و فرونشانی آن استفاده می‌شود [۸-۱۲].

از روش‌های دیگر کنترل غبار در این فرآیندها استفاده از سیستم تهویه موضعی است. غبار جمع شده توسط سیستم تهویه موضعی باید در استاندارد تعریف‌شده وارد محیط‌زیست شود. یکی از تجهیزات پرکاربرد و کم‌هزینه در کنترل و جمع‌آوری ذرات هوابرد سیکلون ها می‌باشند. از مزایای مهم این پالایش گر در مقایسه با سایر تجهیزات همچون اسکرابرها و فیلتر خانه، سهولت تعمیر و نگهداری و هزینه‌های ناچیز آن است. نقطه‌ضعف عمده سیکلون ها در مقیاس صنعتی، بازده نسبتاً کم آن‌ها در جمع‌آوری ذرات ریز می‌باشد [۱۳].

فیلترخانه به دسته‌ای از وسایل کنترل آلودگی هوا اطلاق می‌گردد که از فیلتر و فرایند فیلتراسیون جهت پالایش هوا استفاده می‌نمایند. فیلترخانه در صورت طراحی صحیح بازده بالایی در حذف ذرات هوابرد با قطری تا حد ۰/۰۱ میکرومتر دارند [۱۴].

کاربرد سیستم‌های مرطوب سازی، سیکلون و پالایش گرهای تلفیقی در کنترل ذرات صنایع مورد بررسی قرارگرفته است. مطابق نتایج مطالعات مختلف انجام‌شده کاربرد پالایش گرهای تلفیقی در جمع‌آوری ذرات گزینه خوبی برای کنترل آلودگی در صنایعی با محدودیت‌های اقتصادی و فنّاوری قدیمی هستند [۹-۱۵]. نظر به هزینه‌های نسبتاً زیاد اولیه و نیز هزینه‌های عملیاتی روش‌های مختلف کنترل آلودگی و عدم بازگشت سرمایه در بعضی از واحدهای صنعتی، قسمت بازیافت و کنترل آلاینده‌ها و خصوصاً بخش کنترل آلودگی هوا به بخشی زائد و با بار اقتصادی بی‌بازگشت تبدیل‌شده است. ازاین‌روست که تلاش عمدهٔ محققان زمینه‌های بهداشت حرفه‌ای و محیط‌زیست در سال‌های اخیر، نه‌تنها متوجه ابداع روش‌های جدید در تصفیه، بلکه متوجه یافتن روش‌های کم‌هزینه‌تر در این زمینه شده است [۶]. یکی از راهبردهای موجود در مدیریت آلودگی هوا، راهبرد مبتنی بر آنالیز هزینه-سود می‌باشد. در این راهبرد سعی بر آن است تا با ارزیابی روش‌های مختلف کنترل آلودگی هوا، فواید ناشی از کنترل آن و همچنین برآورد و مقایسه هزینه این روش‌ها، بهترین گزینه کنترلی که از لحاظ هزینه نیز مقرون به صرفه بوده برای شرایط مورد نظر انتخاب گردد [۱] با توجه به حجم قابل‌توجه غبار منتشره از منابع آلاینده در صنعت مورد مطالعه، پیش‌بینی می‌شود که برای تصفیه غبار جمع‌آوری شده از منابع، نیاز به غبارگیرهای پرهزینه‌تری همچون فیلتر خانه باشد که دارای هزینه‌های قابل‌توجه ساخت و راهبری است. هدف از این مطالعه طراحی سیستم تلفیقی مرطوب سازی با پالایش گر سیکلون جهت کنترل ذرات منتشره از منابع مولد آلاینده دو خط سنگ‌شکن و مقایسه هزینه-سود این سیستم با پالایش گر پرهزینه‌تر فیلتر خانه می‌باشد.

روش کار

مطالعه حاضر در دو واحد سنگ‌شکن یک شرکت معدنی سرب و روی صورت گرفت. مواد معدنی اولیه پس از خردایش و دانه‌بندی در واحد سنگ‌شکن، در فرایند تولید کنسانتره سرب و روی مورد استفاده قرار می‌گیرند. برای کنترل آلاینده‌های منتشره ناشی از نوار نقاله‌ها و سرناها در محیط کار و کاهش مواجهه شاغلین، از سیستم تهویه موضعی با

اقتباس از استانداردهای (VS-۵۰-۲۰) و (VS-۹۹-۰۱) کمیته تهویه صنعتی آمریکا [۱۶] و برای سنگ‌شکن‌ها از منابع و راهنماهای معتبر استفاده شد[۵]. روش محاسبات سیستم تهویه طبق روش فشار سرعت که توسط کمیته تهویه صنعتی آمریکا معرفی شده است، انتخاب گردید [۱۶].

به منظور انتخاب پالایش گر مناسب و اقتصادی، غلظت و اندازه ذرات غبار در محیط کار مورد ارزیابی قرار گرفت. در گام بعدی با توجه به غلظت و اندازه ذرات روش‌های مختلف تصفیه ذرات که قابل‌اجرا بودند مورد بررسی قرار گرفت. در ارتباط با پالایش گر، از اسکرابر به دلیل از دست دادن مواد باارزش بازیافتی و سود حاصل از جمع‌آوری غبار، استفاده نشد، همچنین کاربرد رسوب دهنده‌های الکترواستاتیک با توجه به هزینه‌های بالا و ملاحظات فنی، خارج از توان شرکت بود. فیلتر خانه و سیستم تلفیقی سیکلون و مرطوب سازی دو گزینه‌ای بود که برای کنترل آلودگی این شرکت در نظر گرفته شد. در نهایت پس از طراحی و برآورد هزینه‌های ساخت و راهبری این دو گزینه، سیستم تلفیقی به دلیل هزینه‌های پایین ساخت و راهبری، انتخاب گردید.

به منظور طراحی سیستم مرطوب سازی عوامل مؤثر بر این سیستم‌ها شامل اندازه ذرات و قطرات اسپری شده، نوع و الگوی پاشش قطرات و زاویه پاشش مطابق راهنماهای موجود تعیین شد [۱۲-۱۷]. گام اول در طراحی سیکلون‌ها، انتخاب مدل سیکلون با توجه به شرایط موجود بود. پس از بررسی‌های صورت گرفته از سیکلون بازده بالای مدل استایرمند استفاده گردید و ابعاد هندسی آن مشخص گردید. پس از اجرای این سیستم، مواجهه فردی، انتشار در محیط کار و محیط‌زیست مورد ارزیابی قرار گرفت.

به منظور تعیین توزیع سایز و بار جرمی غبار در سایز بندی‌های متفاوت از دستگاه Portable Dust Monitor مدل Grimm-۱/۱۰۸ استفاده شد. جهت تعیین غبار قابل استنشاق و کل محیط کار از روش NIOSH۰۶۰۰ و NIOSH۰۵۰۰ استفاده گردید. مواد و تجهیزات مورد استفاده شامل پمپ نمونه‌برداری مدل PCXR۳-۲۲۴ ساخت شرکت SKC انگلستان، سیکلون نایلونی، نگه‌دارنده دوبخشی فیلتر مدل Close Face و فیلترهای PVC با قطر ۲۵ mm و ۳۷ mm بود[۱۸]. نمونه‌برداری داخل کانال جهت ارزیابی عملکرد سیکلون مطابق استاندارد BS-۳۴۰۵ انجام شد [۱۹]. نمونه‌برداری به منظور تعیین تراکم وزنی ذرات در دو ایستگاه قبل و بعد از سیکلون و در ۴ نقطه به روش نمونه‌برداری ایزوکینتیک و با استفاده از پمپ نمونه‌برداری و فیلتر PVC صورت گرفت.

نمونه‌برداری جهت تعیین غبار قابل استنشاق و کل محیط کار در ۴ حالت (بدون هیچ سیستم کنترلی، فعال بودن سیستم مرطوب سازی به تنهایی، فعال بودن سیستم تهویه به تنهایی و فعال بودن سیستم تلفیقی مرطوب سازی و تهویه صنعتی) صورت گرفت. تعداد نمونه‌های فردی و محیطی در هر وضعیت ۳ نمونه بود که در مجموع در هر خط سنگ‌شکن ۲۴ نمونه گرفته شد. همچنین برای تعیین بازده پالایش گر در هر حالت (فعال بودن سیستم تهویه به تنهایی و فعال بودن سیستم تلفیقی تهویه و مرطوب سازی) ۳ نمونه گرفته شد. که در مجموع در هر خط سنگ‌شکن ۱۲ نمونه مورد سنجش قرار گرفت.

در ارتباط با ارزیابی هزینه‌های اجرایی و راهبری پروژه از مدل هزینه تجهیزات استفاده گردید. این مدل یک روش ساده‌ای به منظور برآورد هزینه‌های مرتبط با تجهیزات کنترل آلودگی هوا می‌باشد. بر اساس این مدل در مطالعه حاضر دو نوع هزینه شامل هزینه ساخت و هزینه راهبری تجهیزات در نظر گرفته شد. به منظور تعیین هزینه راهبری، این هزینه به دو بخش راهبری و تعمیرات تقسیم شد، که با استفاده از رابطه کلی زیر محاسبه گردید [۱۴]:

$$C = \frac{n.L}{D_g.A.t} \text{ یا } n = \frac{D_g.A}{L}.C.t$$

G، هزینه سالیانه راهبری و تعمیرات

A، هزینه برق

B، هزینه آب مصرفی

C، هزینه سوخت

D، هزینه تعمیرات

برای فیلترخانه، رابطه بالا به صورت زیر خلاصه می‌شود:

$$G = A + D$$

زیرا B = ۰ و C = ۰ می‌باشند.

و برای سیستم تلفیقی مرطوب سازی و تهویه صنعتی به صورت زیر می‌باشد:

$$G = A + B + D$$

هزینه برق مصرفی در سیستم تلفیقی شامل هزینه برق پمپ آب و هواکش سیستم تهویه بود و هزینه برق مصرفی فیلترخانه شامل هزینه برق کمپرسور هوا و هواکش در نظر گرفته شد که کل هزینه‌های برق مصرفی بر اساس توان مصرفی تجهیزات و مدت زمان کارکرد سالیانه محاسبه گردید. همچنین هزینه آب مصرفی سیستم تلفیقی بر اساس دبی سیستم اسپری آب و مدت زمان کارکرد سالیانه محاسبه گردید. هزینه تعمیرات سیستم تلفیقی بر اساس اطلاعات مربوطه شامل هزینه کارکرد کارکنان، تجهیزات مصرفی،

مـدت زمـان متـداول تعمیـرات در مـاه و بـا اسـتفاده از رابطـه زیـر محاسـبه گردیـد:

$$M = (T)(W)(C) + (S)$$

M، هزینه سالیانه تعمیرات (ریال)

T، زمان متداول تعمیرات (ساعت در هفته)

W، تعداد هفته‌های زمان کارکرد

C، هزینه کارکرد کارکنان در هر ساعت

S، هزینه تجهیزات مصرفی (ریال)

هزینـه تعمیـرات سـالیانه فیلترخانـه بـر اسـاس رابطـه زیـر محاسـبه گردید [۱۴]:

$$M = \frac{(N)(P)(S) + (T)(W)(C)}{Q}$$

M، هزینـه سـالیانه تعمیـرات (ریـال بـر هـر فـوت مکعـب جریـان هـوا)

N، تعداد کیسه‌ها

P، تعویض سالیانه کیسه صافی (%)

S، هزینه تعویض کیسه صافی (ریال)

T، زمان متداول تعمیرات (ساعت در هفته)

W، تعداد هفته‌های زمان کارکرد

C، هزینه کارکرد کارکنان در هر ساعت

Q، دبی جریان هوا (فوت مکعب بر دقیقه)

در نهایـت هزینـه کل سـالیانه از رابطـه زیـر بـه دسـت می‌آیـد [۱۴]:

$$T = G + X + Y$$

در این رابطه:

T، هزینه کل سالیانه (ریال)

G، هزینه سالیانه برای تعمیرات و راهبری

X، هزینـه سـالیانه سـاخت (۱۸ درصـد هزینـه اولیـه سـاخت در فیلترخانـه)

Y، هزینـه اسـتهلاک سـرمایه (۶/۶۷ درصـد هزینـه اولیـه سـاخت در فیلترخانـه)

هزینـه سـالیانه سـاخت (X) و هزینـه اسـتهلاک (Y) در سیسـتم تلفیقـی مطالعـه حاضـر در مجمـوع حداکثـر ۵ درصـد هزینـه سـاخت در نظـر گرفتـه شـد [۱۴]. در نهایـت هزینه‌هـای ایـن دو سیسـتم مقایسـه و سـودهای مسـتقیم و غیرمسـتقیم پروژه بررسـی گردیـد.

یافته ها

میـزان دبـی هـوای مـورد نیـاز بـرای خـط سنگ‌شـکن یـک CFM ۱۳۱۹۳ و بـرای خـط دوم سنگ‌شـکن CFM ۱۳۲۷۰ بـرآورد شـد. بـا توجـه بـه مشـابه بـودن منابـع و تجهیـزات انتشـار آلودگـی، سیسـتم تلفیقـی در هـر واحـد سنگ‌شـکن شـامل دو اسـپری آب و سـه سـیکلون بـازده بـالا (اسـتایرمند) بـود. سیسـتم مرطـوب سـازی بـا در نظـر گرفتـن عوامـل مؤثـر در بـازده آن تعبیـه شـد. در ایـن مطالعـه در هـر خـط سنگ‌شـکن از ۲ نـازل مخروطـی بـا دبـی ۳/۲ لیتـر بـر دقیقـه اسـتفاده شـد. سیسـتم تهویـه صنعتـی طراحـی و اجـرا شـد. بـا توجـه بـه اینکـه دبـی هـوا در دو خـط سنگ‌شـکن اختـلاف چندانـی نداشـت ابعـاد هندسـی سـیکلون یکسـان بـود. ایـن ابعـاد در جـدول ۱ نشـان داده‌شـده اسـت. غلظت غبـار کل و قابـل استنشـاق در چهـار حالـت ذکرشـده در خـط یـک و دو سنگ‌شـکن در جـدول ۲ نشـان داده‌شـده اسـت. همچنیـن غلظـت غبـار داخـل کانـال در دو حالـت ذکرشـده در هـر خـط در جـدول ۳ ارائـه گردیـده اسـت.

جدول ۱: ابعاد هندسی سیکلون استایرمند

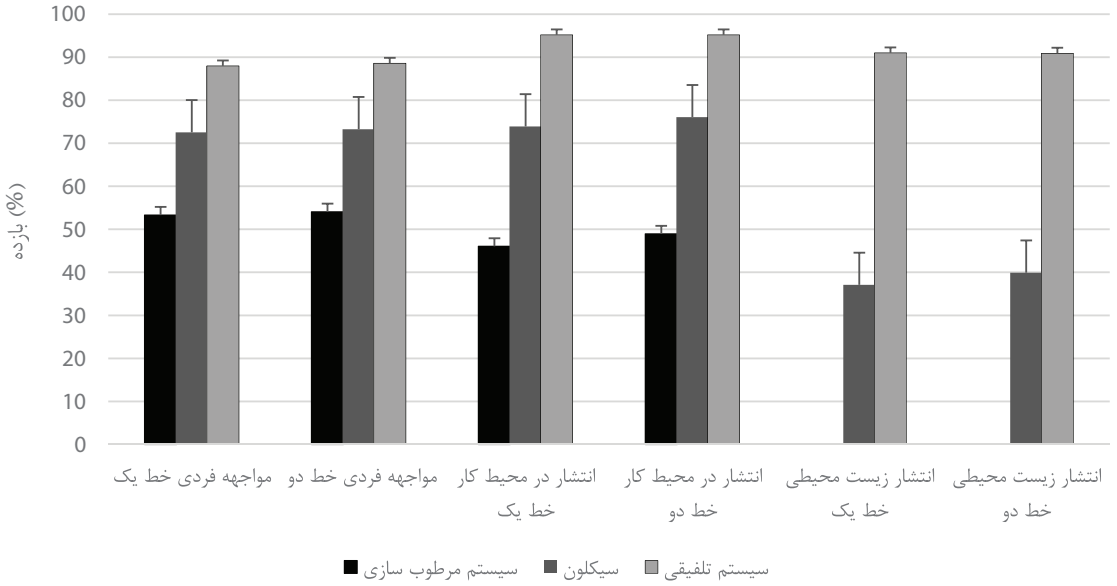
ابعاد	D_C	H	H	Z	B	a	B	D_e	S
اندازه (m)	۱/۱۶	۴/۶۴	۱/۷۴	۲/۹	۰/۴۳۵	۰/۵۸	۰/۲۳۲	۰/۵۸	۰/۷۲۵

جدول ۲: نتایج سنجش غبار قابل استنشاق و کل در محیط کار

نوع سیستم	بدون هیچ‌گونه سیستم کنترلی	فعال بودن سیستم مرطوب سازی به تنهایی	فعال بودن سیستم تهویه به تنهایی	فعال بودن هر دو سیستم مرطوب سازی و تهویه صنعتی
خط یک سنگ‌شکن				
غلظت غبار قابل استنشاق (mg/m^3)	۱۵/۸۷ ± ۲/۲۶	۷/۴۱ ± ۴۱	۴/۳۶ ± ۱/۰۷	۱/۹۱ ± ۰/۴۲
غلظت غبار کل (mg/m^3)	۶۲/۰۹ ± ۹/۹۱	۳۳/۵ ± ۴/۳۸	۱۶/۲۰ ± ۳/۰۶	۲/۹۸۵ ± ۰/۷۱
خط دو سنگ‌شکن				
غلظت غبار قابل استنشاق (mg/m^3)	۱۴/۰۲ ± ۱/۵۹	۶/۴۴ ± ۰/۵۶	۳/۷۵ ± ۰/۶۸	۱/۶۰ ± ۰/۳۹
غلظت غبار کل (mg/m^3)	۵۹/۶۴ ± ۷/۹۴	۳۰/۴۶ ± ۲/۲۰	۱۴/۲۸ ± ۱/۳۰	۲/۸۷ ± ۰/۲۶

جدول ۳: نتایج سنجش غبار داخل سیستم تهویه

	فعال بودن سیستم تهویه به تنهایی		فعال بودن هر دو سیستم مرطوب سازی و تهویه صنعتی	
	قبل سیکلون	بعد سیکلون	قبل سیکلون	بعد سیکلون
خط یک سنگ‌شکن (mg/m^3)	۲۵۷۴/۲۳ ± ۳۲۸/۶۷	۱۶۱۹/۴۹ ± ۱۶۴/۵۲	۱۳۴۶/۱۶ ± ۹۷/۶۸	۱۲۱/۲۸ ± ۱۴/۲۶
خط دو سنگ‌شکن (mg/m^3)	۲۳۴۱/۵۴ ± ۲۹۸/۰۸	۱۴۰۷/۰۸ ± ۱۲۶/۱۹	۱۲۳۸/۹۷ ± ۶۱/۲۴	۱۱۲/۶۸ ± ۱۶/۰۱



تصویر ۱: مقایسه بازده سیستم دو خط سنگ‌شکن در کاهش مواجهه فردی، انتشار محیطی و زیست‌محیطی

جدول ۴: جزئیات هزینه‌های طراحی، ساخت و تجهیزات سیستم مرطوب سازی و سیکلون

تجهیزات	پمپ آب، نازل و لوله آب	هود و کانال	سیکلون	هواکش	هزینه طراحی	جمع کل هزینه‌ها
هزینه (میلیون ریال)	۳۰	۳۰۰	۱۵۰	۲۰۰	۱۰۰	۷۸۰

جدول ۵: جزئیات هزینه‌های طراحی، ساخت و تجهیزات اتاقک کیسه‌ای

تجهیزات	صافی‌های کیسه‌ای	زیرساخت و اتاقک و نصب	هود و کانال	کمپرسور هوا	هواکش	هزینه طراحی	جمع کل هزینه‌ها
هزینه (میلیون ریال)	۱/ ۶۰۰	۲۵۰	۳۰۰	۴۰۰	۳۰۰	۱۰۰	۲/ ۹۵۰

تصویر ۱ نمودار بازده سیستم مرطوب سازی و تهویه صنعتی را به صورت مجزا و تلفیقی در کاهش مواجهه فردی، انتشار ذرات در محیط کار و انتشار زیست‌محیطی در هر دو خط سنگ‌شکن نشان می‌دهد.

با توجه به محاسبات مربوط به طراحی فیلتر خانه چنانچه از این سیستم به منظور کنترل ذرات منتشره استفاده می‌گردید برای خط یک و دو سنگ‌شکن به ترتیب به تعداد ۱۷۵ و ۱۷۴ کیسه فیلتر با قطر ۱۵ cm و ارتفاع ۲/۵ m نیاز بود. این محاسبات به منظور مقایسه فیلترخانه با سیستم تلفیقی اجراشده صورت گرفت. طبق محاسبات و برآورد هزینه‌های به دست آمده، هزینه طراحی و ساخت و تجهیزات سه دستگاه سیکلون استایرمند بازده بالا برای هر خط و سیستم مرطوب سازی (هزینه‌های هود، کانال، سیکلون ها، هواکش، پمپ، نازل و لوله آب) برای دو خط سنگ‌شکن ۷۸۰ میلیون ریال شد. هزینه طراحی و ساخت و تجهیزات اتاقک کیسه‌ای (هزینه‌های صافی کیسه‌ای، هواکش، کمپرسور هوا، زیرساخت، اتاقک کمپرسور، کابل برق، لوله‌کشی باد، هود و کانال) در دو خط سنگ‌شکن ۲/۹۵ میلیارد ریال برآورد شد.

جدول ۶: مقایسه هزینه‌های سالیانه سیستم تلفیقی مرطوب سازی و تهویه صنعتی با فیلترخانه (میلیون ریال)

نوع سیستم	هزینه ساخت و استهلاک سالیانه	هزینه راهبری	هزینه تعمیرات	کل هزینه سالیانه
سیستم تلفیقی مرطوب سازی و تهویه صنعتی	۳۹	۲۰۴	۸	۲۵۱
اتاقک کیسه‌ای	۷۲۸	۴۴۲	۷۴	۱/ ۲۴۴

جدول ۷: سودهای مستقیم و غیرمستقیم سیستم تلفیقی مرطوب سازی و تهویه صنعتی

نوع سود و سود
مستقیم
بازیافت مواد باارزش از دست رفته
کاهش هزینه‌های راهبری و تعمیرات در مقایسه با سیستم‌های پرهزینه‌تر مانند اتاقک کیسه‌ای
غیرمستقیم
کاهش تعمیرات و خرابی دستگاه‌ها مانند الکتروموتورها در اثر غبار
کاهش هزینه‌های بهداشتی و بیماری کارکنان و غرامت‌های ناشی از آن با توجه به اینکه در غبار هوای کارگاه غلظت بالایی از کوارتز بود و همچنین کاهش شکایات سازمان‌های مربوطه
کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی و شکایات سازمان‌های مربوطه
کاهش هزینه‌های در ارتباط با ایمنی محیط کار و حوادث با توجه به اینکه تراکم بالای غبار موجود در محیط کار منجر به حوادث جانی و مالی می‌گردد و همچنین افزایش بهره‌وری
کاهش شکایات مردمی با توجه به کنترل غبار زیست‌محیطی

جدول ۸: سود مستقیم از مواد جمع‌آوری شده به وسیله سیستم تهویه صنعتی

قیمت هر تن غبار جمع شده به وسیله تهویه صنعتی (میلیون ریال)	کارکرد سالیانه (روز)	مواد معدنی جمع‌آوری شده در هرروز در دو خط سنگ‌شکن (تن)	جمع کل سود (میلیون ریال)
۱/۵	۱۴۴	۲/۴	۵۱۸/۴

جزئیات هزینه‌های طراحی، ساخت و تجهیزات برای سیستم تلفیقی اجراشده و اتاقک کیسه‌ای در جداول ۴ و ۵ ارائه‌شده است.

با توجه به نتایج به دست آمده با اجرای این سیستم تلفیقی بالغ بر ۲/۱۷ میلیارد ریال از هزینه ساخت و ۹۹۲ میلیون ریال از هزینه‌های راهبری و تعمیرات سالیانه در مقایسه با فیلترخانه صرفه‌جویی شده است. مقایسه هزینه‌های سالیانه سیستم تلفیقی مرطوب سازی و تهویه صنعتی با فیلترخانه در جدول ۶ ارائه گردیده شده است. سودهای حاصل از کنترل آلودگی در این پروژه شامل سود مستقیم و غیرمستقیم سیستم کنترلی می‌باشد که در جدول ۷ به آن اشاره‌شده است. روزانه حدود ۱۲۰۰ کیلوگرم غبار در هر خط توسط سیکلون ها جمع‌آوری می‌شود. در جدول ۸ سود مستقیم از مواد جمع‌آوری شده با توجه به ۳۴۵۶ ساعت کارکرد سالیانه (۱۴۴ روز کارکرد سالیانه) ارائه گردیده است.

بحث

در مطالعه حاضر به بررسی کنترل غبار هوا در دو واحد سنگ‌شکن یک شرکت معدنی و مقایسه هزینه-سود سیستم اجراشده با پالایش گر فیلترخانه پرداخته شده است. در ارتباط با استانداردهای مورد استفاده در این مطالعه به منظور طراحی سیستم تهویه مکنده موضعی با مطالعه‌ای که مهریزی و همکاران و همچنین مطالعات مشابهی که قربانی و بهرامی انجام داده‌اند، مورد مقایسه و تطبیق قرارگرفته است [۲۰-۲۲].

در صنعت مورد بررسی با توجه به اینکه تراکم غبار بسیار بالا بوده، سیستم‌های تهویه مؤثرترین روش جهت کنترل غبار منتشره بود. با توجه به اندازه‌گیری‌های صورت گرفته، به دلیل تراکم بسیار بالای ذرات منتشره ناشی از منابع آلاینده و همچنین نیاز به بازیافت مجدد ذرات که برای صنعت مورد مطالعه ارزش اقتصادی داشتند، بهترین و کم‌هزینه‌ترین وسیله، استفاده از

سیستم تلفیقی مرطوب سازی و سیکلون بازده بالا بود. مطابق با نتایج به دست آمده سیستم مرطوب سازی نقش مؤثری در پیشگیری از تولید غبار و حذف ذرات هوابرد دارد. بازده سیستم مرطوب سازی در حذف ذرات کل و قابل استنشاق به ترتیب بیش از ۵۳ و ۴۶ درصد بود. نتایج این مطالعه با مطالعات صورت گرفته در این زمینه مطابقت دارد.

Gottesfeld و همکارانش در مطالعه‌ای از اسپری آب جهت کاهش ذرات قابل استنشاق سیلیس در سنگ‌شکن‌ها استفاده کردند. نتایج مطالعه نشان داد که این سیستم می‌تواند تأثیر مثبتی بر سلامت کارکنان این صنعت داشته باشد [۲۳]. همچنین Prostanski مطالعه‌ای با عنوان کاربرد سیستم اسپری آب‌وهوا به منظور بهبود کنترل ذرات در معادن انجام داد. نتایج مطالعه نشان داد سیستم‌های اسپری آب برای معادنی با تراکم غبار منتشره بالا مؤثر هستند همچنین در این مطالعه بازده حذف ذرات معلق کل ۴۲% به دست آمده بود [۲۴]. در مطالعه حاضر سیستم مرطوب سازی نقش مؤثری در افزایش بازده سیستم تلفیقی داشت بااین‌حال استفاده از این سیستم به صورت منفرد در فرآیندهایی با تراکم غبار بالا کافی نیست. جهت پالایش ذرات جمع‌آوری شده از سه دستگاه سیکلون بازده بالای مدل استایرمند در هر خط مورد استفاده قرار گرفت، دلیل استفاده از این مدل سیکلون آن است که بیش‌ترین بازده را در حذف ذرات نسبت به سایر مدل‌ها دارد. بازده سیستم تهویه صنعتی با توجه به نتایج اندازه‌گیری در حذف ذرات کل و قابل استنشاق در به ترتیب بیش از ۷۳ و ۷۲ درصد بود. در گزارشی که توسط EPA منتشرشده است، پیشنهاد گردیده است که به هنگام تراکم بالای ذرات در محیط و نیز زمانی که دبی جریان ورودی به سیکلون، بالا باشد، به منظور دستیابی به بازده بالاتر در جمع‌آوری ذرات با سایزهای مختلف، از سیکلون‌های موازی استفاده شود [۲۵].

قربانی و همکاران در مطالعه‌ای مشابه به منظور کنترل غبار واحد خردایش یک صنعت کربور سیلیسیم از سیکلون های بازده بالای استایرمند استفاده کردند. نتایج مطالعه نشان داد که پالایش گر سیکلون نقش بسیار مؤثری در کنترل آلودگی هوای محیط کار و انتشار زیست‌محیطی دارند [۲۱]. همچنین Gopani و همکارش در مطالعه‌ای در صنعت سیمان به منظور جمع‌آوری ذرات از سیکلون بازده بالای مدل استایرمند استفاده کردند. نتایج مطالعه نشان داد که بازده کل ذرات ۹۱/۱ درصد بود [۲۶]. در مطالعه‌ای دیگر که توسط قربانی و همکاران جهت کنترل ذرات در کوره ذوب یک شرکت تولید فولاد آلیاژی انجام دادند میانگین بازده سیکلون های مورد استفاده در این مطالعه ۷۳% گزارش‌شده است [۲۷]. قربانی و همکاران مطالعه‌ای جهت کنترل آلاینده‌های هوا در یک شرکت معدنی انجام دادند. در این مطالعه به دلیل تراکم بسیار بالای ذرات منتشره، از چهار سیکلون موازی برای دو کوره ذوب استفاده گردید. نتایج به دست آمده از سنجش میزان ذرات نشان داد که بازده سیکلون‌های موازی مورد استفاده در این مطالعه ۹۴% می‌باشد [۱۵]. مطالعه حاضر با مطالعات ذکرشده در این زمینه مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت. دلیل اختلاف بازده سیستم در این مطالعه با مطالعات ذکرشده تراکم غبار، قطر و دانسیته ذرات بود. با توجه با نتایج اندازه‌گیری کاربرد توأم سیستم مرطوب سازی و تهویه صنعتی، منجر به بهبود بازده جمع‌آوری غبار می‌گردد. بطوریکه بازده این سیستم تلفیقی در حذف ذرات کل بیش از ۹۵ درصد و برای ذرات قابل استنشاق بیش از ۸۷ درصد به دست آمد. همچنین غلظت خروجی ذرات زیست‌محیطی که کمتر از حد مجاز استانداردهای زیست‌محیطی بود.

Ahuja باهدف تأثیر مرطوب سازی دیواره سیکلون بر بازده جمع‌آوری آن مطالعه‌ای انجام داد که نتایج مطالعه نشان داد رطوبت دهی دیواره سیکلون تأثیر مثبتی در افزایش بازده سیکلون دارد بطوریکه بازده ذرات ۳-۱ میکرومتر را حدود ۳۰ درصد افزایش می‌دهد [۲۸]. نتایج این مطالعه در ارتباط با بازده سیستم‌های تلفیقی با نتایج مطالعات قربانی و بهرامی که از سیستم تلفیقی سیکلون و اسکرابر مه پاش با بازده بیش از ۹۰% استفاده‌شده بود، مطابقت دارد. همچنین طبق نتایج گزارش‌شده غلظت زیست‌محیطی خروجی در این مطالعات کمتر از مقادیر مجاز (۱۵۰ mg/m^3) ارائه‌شده توسط سازمان محیط‌زیست ایران می‌باشد [۲۱-۲۹]. مطابق با نتایج به دست آمده از هزینه ساخت و اجرای پروژه سیستم تلفیقی تهویه صنعتی و مرطوب سازی در مقایسه با فیلترخانه در دو خط سنگ‌شکن، در مجموع بالغ بر ۷۳ درصد در این هزینه‌ها صرفه‌جویی صورت گرفته است. همچنین طی بررسی‌های صورت گرفته در ارتباط با هزینه راهبری و تعمیرات سیستم تلفیقی در مقایسه با فیلترخانه، با اجرای این پروژه، سالیانه حدود

۸۰ درصد صرفه‌جویی اقتصادی خواهد داشت. در ارتباط با ملاحظات مصرف انرژی که یکی از دغدغه‌های اصلی کشورهای درحال‌توسعه و به خصوص ایران می‌باشد سیستم تلفیقی اجراشده به طور فراوان ای باعث کاهش این امر مهم گردیده است. سهم قابل‌توجه هزینه راهبری و تعمیرات فیلترخانه مربوط به هزینه استهلاک سالیانه این نوع از پالایش گرهاست که به طبع آن هزینه‌های بالایی از تعمیرات و اصلاح دوباره سیستم را برای کارفرمایان خواهد داشت. این در صورتی است که سیستم تلفیقی اجراشده سهم ناچیزی در ارتباط با استهلاک و تعمیرات خواهد داشت و گزینه اقتصادی و مناسبی برای شرکت‌های مشابه می‌باشد.

سود حاصل از سیستم اجراشده همان طور که در جدول ۷ اشاره‌شده است شامل سودهای مستقیم و غیرمستقیم حاصل از کنترل آلودگی می‌باشد. سودهای مستقیم پروژه با توجه به نتایج ارائه‌شده قابل‌محاسبه بود ولی سودهای غیرمستقیم که تعداد قابل‌توجهی از سودهای این پروژه را شامل می‌شود به دلیل نبود اطلاعات دقیق به سختی قابل‌محاسبه است. بااین‌حال به نظر می‌رسد سودهای مستقیم پروژه در مقابل سودهای غیرمستقیم آن ناچیز بوده و درصورتی‌که سودهای غیرمستقیم قابل‌محاسبه باشند می‌توان بسیاری از شرکت‌های مشابه این مطالعه را مجاب به کنترل آلودگی منابع آلاینده خود نمود.

با توجه به جدول ۸، در کمتر از ۲۲۰ روز هزینه ساخت و اجرای پروژه از سود جمع‌آوری غبار معدنی توسط سیستم کنترلی اجراشده، جبران خواهد گشت. این در صورتی است که قبل از کنترل آلودگی، سالانه مقدار قابل‌توجهی از غبار مواد معدنی هوابرد مشکلات فراوانی را سبب می‌شد. در ارتباط با هزینه-سود مطالعه حاضر Chen و همکارانش مطالعه‌ای به منظور بررسی هزینه-سود پالایش گرهای سیکلون و الکتروسیکلون انجام دادند. نتایج نشان داد که هزینه سرمایه‌گذاری و ساخت سیکلون کمتر از پالایش گر الکتروسیکلون می‌باشد. بااین‌حال هزینه‌های عملیاتی (افت فشار، دبی، برق مصرفی، مصرف انرژی و ...) سیکلون بیشتر از الکتروسیکلون می‌باشد [۳۰] همچنین در مطالعه‌ای دیگر Deshsses و همکار وی از یک راکتور بیولوژیکی جدید به منظور کنترل آلودگی و مقایسه هزینه-سود استفاده کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که هزینه‌های سرمایه‌گذاری این سیستم نسبت به فن‌آوری‌های دیگر مثل بیوفیلتراسیون و اکسیدکننده‌های کاتالیستی و حرارتی کمتر است بااین‌حال هزینه‌های عملیاتی سیستم بیشتر بود که دلیل آن نیاز سیستم به مواد شیمیایی متنوعی به منظور اثربخشی بهتر نسبت به فن‌آوری‌های دیگر بود [۳۱].

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج مطالعه استفاده از سیستم تلفیقی اجراشده نقش مؤثری در کاهش غبار هوای این شرکت فرآوری مواد معدنی داشته است. این سیستم تلفیقی غبارگیر از نظر هزینه‌های ساخت، راهبری، تعمیرات و ملاحظات مصرف انرژی نسبت به اتاقک کیسه‌ای مقرون به صرفه‌تر بوده و بر این اساس استفاده از این سیستم تلفیقی در فرایندهای مشابهی که نیاز به سیستمی اقتصادی دارند، پیشنهاد می‌گردد. انتظار می‌رود با اجرای این مطالعه، با کاهش غبار خروجی از این صنعت و بازیافت غبار توجیه اقتصادی مناسبی برای طرح فراهم گردد.

سپاسگزاری

از مدیران و کارکنان شرکت معدنی که جهت اجرای این پژوهش همکاری لازم را با ما داشته‌اند، کمال تشکر و قدردانی را داریم. این مقاله حاصل پایان‌نامه کارشناسی ارشد با عنوان " طراحی، اجرا و ارزیابی سیستم مرطوب سازی و تهویه صنعتی جهت کنترل ذرات منتشره از واحدهای سنگ‌شکن در یک شرکت معدنی" است که با حمایت معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی، درمانی همدان (شماره طرح ۹۳۱۲۱۸۶۷۹۹) اجرا شده است.

REFERENCES

1. Bahrami A. Air pollution control technologies. Tehran: Fanavaran; 2010.
2. Nadafi K, Solat M, Safari M. [Air pollution]. 2nd ed. Tehran: Noavaran Elm.
3. Calabrese D, Kalantari K, Santucci FM, Stanghellini E. Environmental policies and strategic communication in Iran. World Bank Work Pap. 2008;132.
4. Jamshidi Rastani M, Bahrami A, Mahmudi Alashti S, Rastbala N, Hasani S. Efficiency Assessment of Local Exhaust Ventilation Hoods System for Control of Fe2O3 Dust in the process of Oxide Screen Unit at iron making in steel industry. J Occup Hyg Eng. 2014;1(3):9-18.
5. Mody V, Jakhete R. Dust Control Handbook: Noyes Data Corporation; 1988.
6. Cheremisinoff NP. Handbook of Air Pollution Prevention and Control: Elsevier Science; 2002.
7. Kulkarni SJ, Shinde NL. Studies and Research on Cyclone Separators: A Review. 2016;1(4):12-20.

8. Cecala AB, O'brien AD, Schall J, Colinet JF, Fox WR, Franta RJ, et al. Dust control handbook for industrial minerals mining and processing. NIOSH Rep Invest. 2012;9689.
9. Aliabadi M, Bahrami A, Golbabae F, Ghorbani F. [Comparative Study of Efficiency using of Cyclone, Spray Scrubber and integrated system of cyclone- spray scrubber to collect Silica Particles in stone Crushing Workshops]. J Environ Sci Technol. 2010;12(2):71-8.
10. Tanabe EH, Barros PM, Rodrigues KB, Aguiar ML. Experimental investigation of deposition and removal of particles during gas filtration with various fabric filters. Sep Pur Technol. 2011;80(2):187-95. DOI: 10.1016/j.seppur.2011.04.031
11. Goodman GV. Using water sprays to improve performance of a flooded-bed dust scrubber. Appl Occup Environ Hyg. 2000;15(7):550-60. DOI: 10.1080/10473220050028376 PMID: 10893791
12. Cecala AB. Controlling respirable silica dust in mineral processing operations. Best Pract Dust Cont Met/Nonmet Min. 2010:26-63.
13. Ray MB, Luning PE, Hoffmann AC, Plomp A, Beumer MIL. Improving the removal efficiency of industrial-scale cyclones for particles smaller than five micrometre. Int J Min Process. 1998;53(1-2):39-47. DOI: 10.1016/s0301-7516(97)00055-0
14. Theodore L. 2008. DOI: 10.1002/9780470255773
15. Ghorbani Shahna F, Bahrami A, Farasati F. Application of local exhaust ventilation system and integrated collectors for control of air pollutants in mining company. Ind Health. 2012;50(5):450-7. PMID: 22878358
16. ACGIH, Hygienists ACoGI. Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Design. USA: American Conference of Governmental Industrial Hygienists; 2013.
17. Schick RJ. Spray technology reference guide: Understanding drop size. Spray Syst Co Bull. 2008;459:8-16.
18. Eller PM. NIOSH manual of analytical methods: Method No 7500, Method No 600, Method No 500: Diane Publishing; 1994.
19. Institution BS. Measurement of particulate emission, including grit and dust (simplified method). London1983.
20. Morteza MM, Hossein K, Amirhossein M, Naser H, Gholamhossein H, Hossein F. Designing, construction, assessment, and efficiency of local exhaust ventilation in controlling crystalline silica dust and particles, and formaldehyde in a foundry industry plant. Arh Hig Rada Toksikol. 2013;64(1):123-31. DOI: 10.2478/10004-1254-64-2013-2196 PMID: 23585164
21. Moradi M, Bahrami A. Design, Implementation & Assessment of Local Exhaust Ventilation System and dust collectors for crushing unit. J Occup Hyg Eng. 2015;2(2):32-42.
22. Bahrami AR, Golbabai F, Mahjub H, Qorbani F, Aliabadi M, Barqi M. Determination of exposure to respirable quartz in the stone crushing units at Azendarian-West of Iran. Ind Health. 2008;46(4):404-8. PMID: 18716390
23. Gottesfeld P, Nicas M, Kephart JW, Balakrishnan K, Rinehart R. Reduction of respirable silica following the introduction of water spray applications in Indian stone crusher mills. Int J Occup Environ Health. 2008;14(2):94-103. DOI: 10.1179/oeh.2008.14.2.94 PMID: 18507285
24. Prostański D. Use of Air-and-Water Spraying Systems for Improving Dust Control in Mines. J Sust Min. 2013;12(2):29-34. DOI: 10.7424/jsm130204
25. PM AT. Air Pollution Technology Fact Sheet. Fact Sheet Vent Scrub. 2000;2:254-9.
26. Gopani N, Bhargava A. Design of High Efficiency Cyclone for Tiny Cement Industry. International Journal of Environmental Science and Development. 2011:350-4. DOI: 10.7763/ijesd.2011.v2.150
27. Garkaz A, Ghorbani Shahna F, Assari M. [The designing and assessment of a local exhaust ventilation system coupled with hybrid collectors for air pollution control of an alloy steel company]. Iran Occup Health. 2015;12(1):38-46.
28. Ahuja SM. Wetted wall cyclone — A novel concept. Powder Technology. 2010;204(1):48-53. DOI: 10.1016/j.powtec.2010.07.005
29. Bahrami A, Ghorbani F, Mahjub H, Golbabei F, Aliabadi M. Application of traditional cyclone with spray scrubber to remove airborne silica particles emitted from stone-crushing factories. Ind Health. 2009;47(4):436-42. PMID: 19672019
30. Chen C-J, Wang LFS. Cost-benefit analysis of electrocyclone and cyclone. Resour Conserv Recycl. 2001;31(4):285-92. DOI: 10.1016/s0921-3449(00)00086-0
31. Kan E, Deshusses MA. Scale-up and cost evaluation of a foamed emulsion bioreactor. Environ Technol. 2006;27(6):645-52. DOI: 10.1080/09593332708618675 PMID: 16865920

Journal of Occupational Hygiene Engineering Original Article

No 9, Volume 3, Issue 1

Comparative Study of Cost-Benefit Integrated System of Water Spary With Industrial Ventilation and Bag Filters in a Mineral Processing Company

Morteza Babaei [1], Farshid Gorbani Shahna [2,*], Abdolrahman Bahrami [3]

[1] *MSc Student, Occupational Health Engineering, Center of Excellence for Occupational Health and Research Center for Health Sciences, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran*
[2] *Associate Professor, Center of Excellence for Occupational Health and Research Center for Health Sciences, School of Public Health, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran*
[3] *Professor, Center of Excellence for Occupational Health and Research Center for Health Sciences, School of Public Health, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran*

** Corresponding author: Farshid Gorbani Shahna, Associate Professor, Center of Excellence for Occupational Health and Research Center for Health Sciences, School of Public Health, Hamadan University of Medical Science, Hamadan, Iran. E-mail: fghorbani@umsha.ac.ir*

DOI: 10.21859/johe-03016

Received: 02.07.2016
Accepted: 12.07.2016

Keywords:
Cost-benefit
Water spray
Cyclone
Bag filters
Dust

How to Cite this Article:
Babaei M, Gorbani Shahna F, Bahrami A. Comparative Study of Cost-Benefit Integrated System of Water Spary With Industrial Ventilation and Bag Filters in a Mineral Processing Company. J Occup Hyg. 2016;2(4):41-50. DOI: 10.21859/johe-03016

© 2016 Hamedan University of Medical Sciences.

Abstract

Introduction: Musculoskeletal disorders are a major part of occupational diseases in working environments. The aim of this study was to evaluate the risk factors of musculoskeletal disorders by the Muscle Fatigue Assessment (MFA) method. This study also sought to determine the effects of an ergonomic intervention on the mentioned risk in an assembly industry.

Methods: This study was conducted on 15 people working in the assembly line. Medical records of assembly line workers were reviewed and Nordic Musculoskeletal Questionnaires (NMQ) after one year of intervention. Activities of these workers in the assembly line were evaluated by the Muscle Fatigue Assessment method (MFA) and workers were given the necessary training. Data were analyzed using the SPSS-16 software.

Results: The initial evaluations showed that neck, back, leg and knee, respectively in 6.67, 20 and 13.33% were in "very high" priority corrective measures. Re-assessments after the intervention showed that percentage of people with musculoskeletal disorders in the neck in the "very high" corrective actions changed to zero. The percentage of organs, with "high" corrective actions before the intervention, was greatly reduced. For example, a reduction was recorded around the waist from 60% to 33.33% and neck from 53% to 26.27% after the intervention. A total of 30 cases of abnormalities were detected before the intervention, and after the intervention this number reduced to 11.

Conclusions: According to MFA score, risk of musculoskeletal disorders was reduced by intervention in this industry and according to Questionnaire, prevalence of musculoskeletal disorders was also significantly reduced.