

## مدیریت ریسک بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیستی کارخانه سیمان شمال با استفاده از تکنیک ویلیام فاین

سید علی جوزی<sup>۱\*</sup>، فریده عتابی<sup>۲</sup>، هدیه هنرمند<sup>۳</sup>

۱ دانشیار گروه محیط‌زیست، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال  
۲ استادیار دانشکده محیط‌زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی  
۳ کارشناس ارشد مدیریت محیط‌زیست، دانشکده محیط‌زیست و انرژی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۷/۳؛ تاریخ تصویب: ۱۳۹۳/۱۰/۲۴)

### چکیده

در این تحقیق، به منظور حذف کاهش و کنترل ریسک‌های بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیستی کارخانه سیمان شمال، با سنجش آلاینده‌های هوا در محیط واحدهای آسیاب شماره ۱ و شماره ۲، آسیاب مواد شماره ۳، خروجی دودکش آسیاب مواد جدید و خروجی الکتروفیلتر دودکش کوره شماره ۲، مشتمل بر آلاینده‌های گازی CO، NO، NO<sub>2</sub> و ذرات معلق، همچنین سنجش آلاینده‌های حاصل از پارامترهای پساب کارخانه مربوطه، با استفاده از تکنیک برآورد و توجیه هزینه (ویلیام فاین)، عدد اولویت ریسک براساس پارامترهای شدت، احتمال وقوع، میزان تماس مورد محاسبه قرار گرفت و مقدار آن بین ۱۲ تا ۳۶۰ پیش‌بینی شد. سطوح ریسک به سه دسته ریسک‌های بالا، ریسک‌های متوسط، ریسک‌های پایین طبقه‌بندی شدند.

نتایج این تحقیق نشان داده است که غلظت برخی آلاینده‌های هوا در کارخانه سیمان شمال در مقایسه با مقادیر استانداردهای موجود بالاتر است. میزان آلاینده CO حدود دو برابر مقدار استاندارد، آلاینده‌های NO<sub>x</sub> در این صنعت در حد مجاز و ذرات معلق PM به طور متوسط ۶ واحد بالاتر از حد مجاز است. براساس رتبه‌بندی انجام گرفته، ۳۰ درصد از جنبه‌ها در سطح ریسک پایین، ۳۷/۵ درصد از جنبه‌ها در سطح ریسک متوسط، ۲۵ درصد از جنبه‌ها در سطح ریسک بالا و ۷/۵ درصد از جنبه‌ها در سطح ریسک بسیار بالا قرار گرفتند. در این تحقیق سعی شده است که با پیشنهادها و اقدام‌های اصلاحی، سطح ریسک‌های بالا به سطح متوسط و سطح ریسک متوسط به سطح ریسک پایین‌تر تقلیل یابند. در پایان، راه‌کارهای مدیریتی مؤثری برای کاهش میزان انتشارات و افزایش راندمان تجهیزات غبارگیر به منظور مدیریت بهتر کارخانه مذکور ارائه شده است.

**کلید واژه‌ها:** ارزیابی ریسک، تکنیک ویلیام فاین، مدیریت ریسک محیط‌زیستی، عدد اولویت ریسک (RPN)، صنعت سیمان

## سرآغاز

کارخانه سیمان خارج می‌شوند شامل:  $SO_2$ ,  $SH_2$ ,  $NO_x$ ,  $CO_2$  و ذرات معلق (PM)<sup>(۱)</sup> می‌باشند (Alcock et al., 1999); Brzuzy & hites, 1996; Kalafatoglu et al., 2001; Sidhu et al., 2001; Isikli and Demir, 2003). ورود ذرات معلق (PM) به اتمسفر، همچنین انباشت غبار دریافتی توسط غبارگیرها در محیط اطراف کارخانه از مشکلات مهم محیط‌زیستی کارخانه سیمان است. چون غبار حاوی مقدار زیادی سیمان یا مواد اولیه‌ای است که عملیات استخراج، خردایش، اختلاط و کلسینه شدن جزئی روی آن انجام شده است، به کارگیری مجدد این غبار، سبب افزایش تولید و کاهش مصرف انرژی شده، همچنین تجمع آن در اطراف کارخانه و صرف هزینه‌های مربوط به انتقال و دفع را منتفی می‌سازد. مضاف بر این که به دلیل تغییر شرایط طبیعی خاک و انتشار غبار به محیط اطراف، آلودگی‌های محیط‌زیستی بعدی را نیز به دنبال دارد (چهرگانی، ۱۳۸۶).

تحقیقی در خصوص منابع، میزان انتشار گرد و غبار، جمع‌آوری آن در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان درود توسط موسویان در سال ۱۳۸۶، صورت گرفته است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری صورت گرفته نشان داده است که با طراحی سیستم جدید غبارگیر و پیشنهاد سیستم هیبرید و با نحوه بهره‌برداری و عملکرد فیلترهای کیسه‌ای و استفاده از فن‌آوری جدید، امکان ساخت کیسه‌های با مقاومت حرارتی و کششی بالا جهت کاهش میزان ذرات معلق خروجی وجود دارد، (قمصری و مصطفوی، ۱۳۸۷). با توجه به این که سابقه انجام مطالعات ارزیابی ریسک محیط‌زیستی در کشور چندان زیاد نیست و در زمینه کارخانجات سیمان به ویژه کارخانه سیمان شمال چنین مطالعه‌ای تا کنون به انجام نرسیده است. بنابراین، برای اولین بار این تحقیق در خصوص به‌کارگیری تکنیک ویلیام فاین در ارزیابی و مدیریت ریسک بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیستی در این کارخانه صورت گرفته است.

## مواد و روش‌ها

### کارخانه سیمان شمال

کارخانه سیمان شمال به مساحت بالغ بر ۴۴ هکتار در سال ۱۳۳۳، در استان تهران و در فاصله ۳۶ کیلومتری جاده تهران-آبعلی تأسیس شد. شکل (۱)، موقعیت مکانی کارخانه سیمان شمال را واقع در نزدیکی شهر تهران نشان می‌دهد. نخستین خط

مدیریت صنایع در دنیای امروز، توجه به اصول توسعه پایدار را نه تنها از نقطه نظر ضوابط و استانداردهایی که ملزم به رعایت آن می‌باشند مدنظر قرار می‌دهد، بلکه در دنیای پر رقابت امروز، توجه به اصول محیط‌زیستی و بهداشت محیط جزو مزیت‌های رقابتی در تدوین استراتژی‌های سازمانی می‌شود. روند رشد نگاه جوامع به اهمیت امور محیط‌زیستی و توسعه پایدار روز افزون است، از این رو، سازمان‌ها می‌باید این اصول را در تصمیم‌گیری‌ها لحاظ نمایند. از سوی دیگر، هرگونه فعالیت توسعه‌ای، مخاطراتی را بر محیط‌زیست طبیعی تحمیل می‌کند که ابعاد این خطرات احتمالی با توجه به ماهیت پروژه و حساسیت‌های محیط‌زیست متفاوت خواهد بود (Wypych, 2005; جوزی و همکاران، ۱۳۸۷). درمیان صنایع مختلف صنعت سیمان از جمله مهم‌ترین و مخاطره آمیزترین صنایع موجود می‌باشد، به گونه‌ای که سهم صنعت سیمان در انتشار  $CO_2$  از سایر صنایع بیشتر بوده و در حدود ۶٪ است (Zemba et al., 1996).

پیشرفت روزافزون صنایع و ایجاد محیط‌های کاری جدید، نیاز به ارتقای سطح ایمنی و پیشگیری از بروز حوادث را افزایش داده است. هرگونه فعالیت‌های مرتبط با توسعه، مخاطراتی را بر محیط‌زیست طبیعی تحمیل می‌کند که به‌منظور پیشگیری از بروز این گونه حوادث، ارزیابی و مدیریت ریسک‌های محیط‌زیستی امری الزامی می‌باشد. فرایندهای شیمیایی تولید سیمان در این صنعت و دیگر منابع احتراقی محیط‌های صنعتی به دلیل ماهیت و نوع فعالیت‌ها با مخاطرات مختلفی از نظر محیط‌زیست همراه می‌باشد. در نتیجه پتانسیل آسیب به تجهیزات و محیط‌زیست در صورت رویداد حادثه همواره وجود دارد (Zemba et al., 1996; Nessel et al., 1991; Schuhmacher et al., 2004; جوزی و همکاران، ۱۳۸۷).

صنعت سیمان، به دلیل استفاده از سوخت‌های فسیلی در رتبه دوم آلوده‌ترین صنایع جهان به‌شمار آمده، و انتشار  $CO_2$  عامل مهم در گرمایش جهانی است، بنابراین، توجه به امر میزان تولیدی  $CO_2$  و برآورد و توجیه هزینه‌ها در فرایند این صنعت از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. اهم آلودگی‌های گازی کارخانه ناشی از انتشار بوی بد در سیستم تولید تر، دی‌اکسید گوگرد و ناشی از سوخت نامناسب و عدم تنظیم دستگاه‌های سوخت می‌باشد. گازهای آلوده‌کننده محیط که از دودکش‌های

تولید می‌گردد و ظرفیت آن ۲۰۰ تن در روز می‌باشد. روش تولید سیمان این خط نیز تر می‌باشد. این کارخانه با ظرفیت تولید سالانه ۷۳۸۰۰۰ تن کلینکر و از نوع سیمان‌های خاکستری-سفید طی فرایند تولید خشک و تر در حال فعالیت است.

تولید سیمان شرکت در سال ۱۳۳۴، مورد بهره‌برداری قرار گرفت و این خط هم اکنون نیز فعال می‌باشد و روزانه ۶۰ تن کلینکر سفید تولید می‌کند. خط دوم تولید سیمان شرکت در سال ۱۳۴۹، مورد بهره‌برداری قرار گرفت. ظرفیت این خط تولید ۳۰۰ تن در روز کلینکر خاکستری می‌باشد که هم اکنون نیز کلینکر سفید



شکل (۱): موقعیت مکانی کارخانه سیمان شمال

شده توسط کارخانه سیمان میزان غلظت گازهای خروجی با استفاده از دستگاه Testo350 و میزان گرد و غبار منتشره با استفاده از دستگاه Sick C200 اندازه‌گیری شد. در کارخانه سیمان شمال در رابطه با آلاینده‌های هوا ۶ ایستگاه بطور تصادفی در بخش‌های مختلف کارخانه که محل ایستگاه‌های اندازه‌گیری آلاینده‌های گازی و ذرات معلق کوره‌های شماره ۱ و شماره ۲، کوره واحد شماره ۳، سیمان واحد شماره ۴، آسیاب مواد شماره ۳، واحد آسیاب مواد جدید و محوطه بارگیرخانه خاکستری می‌باشد، اندازه‌گیری آلاینده‌ها انتخاب شد. به منظور تعیین غلظت آلاینده‌های  $NO$ ،  $CO$ ،  $SO_2$ ،  $NO_2$ ،  $THC^{(۳)}$  و ذرات معلق موجود در محیط داخلی کارگاه با استفاده از روش‌های نمونه‌برداری گراویمتری (عمومی‌ترین روش سنجش ذرات در محیط کار که می‌تواند ذرات با قطر بالا ۱۰ میکرون و پایین ۱۰ میکرون را اندازه‌گیری کند)، قرائت مستقیم (روشی برای اندازه‌گیری گازها و بخارها است)، گاز کروماتوگرافی (روشی جهت سنجش هیدروکربن‌ها)، اسپکترو فتومتری، جذب اتمی (روشی جهت سنجش میزان فلزات سنگین) بر اساس متدهای: OSHA ID121, DSHA CSI, NIOSH 1401. NIOSH ) و (1501, OSHA 69, NIOSH 1500, NIOSH6604) مقایسه آن با ضوابط تماس شغلی مربوط به کمیته فنی بهداشت حرفه‌ای کشور<sup>(۳)</sup> ITCOH استفاده شد. همچنین میزان آلودگی پساب مورد مطالعه سنجش شد و عملیات نمونه‌برداری فوق

### روش پژوهش

هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی ریسک بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیستی و کاهش مخاطرات ناشی از آن در واحد صنعتی سیمان شمال است. سیمان شمال تنها تولیدکننده سیمان سفید کشور است که ظرفیت تولید سالانه سیمان سفید آن در حدود ۸۵۰۰۰ تن در سال است. سیستم فیلتراسیون کارخانه به دو صورت الکتروفیلتر و بگ‌فیلتر می‌باشد (قمصری و مصطفوی، ۱۳۸۷). به منظور ارزیابی ریسک بهداشتی، ایمنی و محیط‌زیستی در منطقه علاوه بر شناخت کامل محیط‌زیست منطقه با لحاظ کردن حساسیت و ارزش‌های محیط‌زیستی آن، جنبه‌های مختلف ریسک بررسی و تحلیل می‌شود. برای این منظور، با گردآوری اطلاعات مورد نیاز و بررسی سوانح و علل آن‌ها، همچنین بازدید از واحدهای موردنظر تکنیک «ویلیام فاین» به‌عنوان روش مناسب تعیین شد که یک تکنیک ارزیابی ریسک سازمان یافته و سیستماتیک جهت شناسایی خطرات بالقوه و برآورد سطح ریسک در راستای مدیریت ریسک و کاهش آن به یک سطح قابل قبول است (حبیبی، ۱۳۸۶؛ جوزی، ۱۳۸۷). به این منظور، پس از شناسایی فعالیت‌ها و فرآیندهای کارخانه، خطرات و عوامل بالقوه آسیب‌رسان، حوادث روی داده در کارخانه سیمان شمال شناسایی و سپس با توجه به شدت اثر، احتمال وقوع و پیامدهای احتمالی مواجهه آن بر انسان، محیط‌زیست و تجهیزات، کار ارزیابی و طبقه‌بندی ریسک‌ها انجام شد. بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام

انجام شده است. دستگاه جهت اندازه‌گیری با توجه به استانداردها در نزدیکی دهانه دودکش توسط کارشناسان نصب و توسط لوله‌ای که در انتهای دستگاه وصل است و در طرف دیگر توسط سیمی به مانیتور متصل شده است، فشار و سرعت و دیگر شاخص‌های گازها و میزان غلظت آن‌ها مشخص شد. مشخصات این دستگاه در جدول (۱)، ارایه شده است.

مبتنی بر مفاد مندرج در دستورالعمل VD13486، VD12470 صادره از سوی انجمن مهندسين آلمان و مطابق با شیوه موسوم به شیوه استانداردهای DIN-1314,1319 انجام گرفته است (مستندات کارخانه سیمان شمال، ۱۳۸۹).

• دستگاه سنجش گازها در هوای دودکش اندازه‌گیری پارامترهای گازهای CO، NO، NO<sub>2</sub>، THC توسط دستگاه Testo 350 با استفاده از سنسورهای الکتروشیمیایی

جدول (۱): مشخصات دستگاه Testo350 جهت سنجش گازها (مستندات کارخانه سیمان شمال، ۱۳۸۹)

نام دستگاه	آلاینده‌های مورد سنجش	محدوده اندازه‌گیری (ppm)	قدرت تفکیک (ppm)	کشور سازنده
Testo 350	CO	0-10000	±۰/۱	ایتالیا
	NO	0-4000	±۰/۱	
	NO <sub>2</sub>	0-500	±۰/۱	
	THC	0-100	±۰/۱	

اندازه‌گیری کرده و فیلتر مربوطه را وزن می‌کنند. در جدول (۲)، مشخصات دستگاه سنجش ذرات معلق در کارخانه سیمان شمال ارایه شده است.

• دستگاه سنجش ذرات معلق در هوای محیط میزان غلظت ذرات معلق در هوای محیط توسط دستگاه Sick C200 اندازه‌گیری شد که توسط یک پمپ کوچک هوای محیط را مکش می‌کند و در مدت زمان معینی، حجم مشخصی را

جدول (۲): مشخصات دستگاه Sick C200 برای سنجش ذرات (مستندات کارخانه سیمان شمال، ۱۳۸۹)

نام دستگاه	آلاینده مورد سنجش	محدوده اندازه‌گیری هوای محیط	قدرت تفکیک (mg/m <sup>3</sup> )	کشور سازنده
Sick C200	PM <sub>2.5</sub> - PM <sub>10</sub>	0/001 – 500 (mg/m <sup>3</sup> )	±۰/۰۰۱	آلمان

که در آن A: امتیاز حاصل از جدول رتبه‌بندی احتمال وقوع ریسک یا احتمال تأثیر آنها، B: امتیاز حاصل از جدول رتبه‌بندی شدت پیامد خطر و C: امتیاز حاصل از جدول رتبه‌بندی میزان تماس یا عوامل بالقوه خطرناک می‌باشد.

– محاسبه شاخص RPN<sup>(۴)</sup> با استفاده از روش توزیع فراوانی

پس از تعیین نمره ریسک، حالات خرابی بالقوه (جنبه)<sup>(۵)</sup> بر مبنای مقدار RPN به صورت نزولی از بالاترین عدد اولویت ریسک (حاصل ضرب رتبه‌بندی شدت اثر، احتمال وقوع و میزان تماس) ۳۶۰ تا پایین‌ترین عدد اولویت ریسک ۲۴ مرتب و سپس درجه مخاطره‌پذیری یا RPN با استفاده از روش توزیع فراوانی تعیین شد.

• استفاده از تکنیک ویلیام فاین تکنیک ویلیام فاین از جمله روش‌های منعطف ارزیابی ریسک‌های محیط‌زیستی، بهداشتی و اقتصادی ناشی از فعالیت واحد صنعتی شناخته می‌شود که در سامانه مدیریت بهداشت و ایمنی از جمله روش‌های متواتر به حساب می‌آید. به منظور ارزیابی ریسک با تکنیک ویلیام فاین، لازم است تا رتبه‌بندی شدت اثر، رتبه‌بندی احتمال وقوع ریسک و رتبه‌بندی میزان تماس هر یک از فعالیت‌ها و جنبه‌های آن بر اساس با جداول (۳)، (۴)، (۵) استخراج شود.

جهت امتیازدهی و اولویت‌بندی ریسک‌ها در این روش براساس جداول (۳)، (۴)، (۵) از محاسبه حاصل ضرب رتبه‌بندی شدت اثر، رتبه‌بندی احتمال وقوع و رتبه‌بندی میزان تماس نمره ریسک مطابق رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$(1) \quad \underline{C * B * A = \text{نمره ریسک}}$$

## جدول (۳): رتبه‌بندی شدت پیامد اثر (B) در تکنیک ویلیام فاین (جوزی، ۱۳۸۷)

امتیاز	شرح شدت ریسک
۱۰	خسارت‌های غیرجبران محیط‌زیستی با آثار طولانی مدت، خسارت مالی (بیش از ۱۵۰ میلیون تومان)، اثر بین‌المللی روی شهرت سازمان، مصرف بیش از حد منابع و انرژی، غلظت بیش از حد آلاینده (۵۰٪ بیشتر از حد مجاز)
۸	آسیب منجر به از کار افتادگی دائم بیش از یک نفر، خسارت‌های غیرقابل جبران محیط‌زیستی با آثار میان مدت، خسارت‌های مالی بین ۱۰۰ الی ۱۵۰ میلیون تومان، اثر روی شهرت سازمان به صورت ملی، مصرف نسبتاً زیاد منابع و انرژی، غلظت نسبتاً زیاد آلاینده (۳۰٪ بیشتر از حد مجاز)
۶	خسارت‌های غیرقابل جبران محیط‌زیستی با آثار کوتاه مدت، خسارت مالی بین ۵۰ الی ۱۰۰ میلیون تومان، اثر روی شهرت سازمان به صورت محلی، مصرف زیاد منابع و انرژی، غلظت آلاینده ۱۰٪ بیشتر از حد مجاز
۵	آسیب طولانی مدت بدون ناتوانی دائمی، خسارت‌های قابل جبران محیط‌زیستی با آثار طولانی مدت، خسارت مالی بین ۵ الی ۵۰ میلیون تومان، اثر روی شهرت سازمان به صورت محلی، مصرف متوسط منابع و انرژی، غلظت آلاینده ۵٪ بیشتر از حد مجاز
۴	آسیب موقتی، خسارت‌های قابل جبران محیط‌زیستی با آثار کوتاه مدت، خسارت مالی کمتر از ۵ میلیون تومان، اثر بر روی شهرت سازمان به صورت درون سازمانی، مصرف کم منابع، غلظت آلاینده کمتر از ۵٪ بیشتر از حد مجاز
۲	آسیب جزئی، نیازمند کمک‌های اولیه (۳ روز و کمتر دوره درمان)، خسارت مالی کمتر از یک میلیون تومان، اثر روی شهرت سازمان به صورت درون واحدی، مصرف بسیار کم منابع، غلظت آلاینده در حد استاندارد
۱	بدون نیاز به بررسی‌های بیشتر، خسارت مالی قابل صرفه نظر، بدون اثر روی شهرت سازمان، بدون خسارت محیط‌زیستی

## جدول (۴): رتبه‌بندی احتمال وقوع ریسک (A) در تکنیک ویلیام فاین (جوزی، ۱۳۸۷)

امتیاز	شرح احتمال وقوع
۱۰	اغلب محتمل هستند، به‌طور روزانه یا هفتگی اتفاق می‌افتد و غیرقابل کنترل می‌باشند.
۶	شانس وقوع ۵۰-۵۰ است، امکان وقوع وجود دارد، ماهیانه اتفاق می‌افتد، جهت کنترل هزینه نیرویی خارج از توان نیاز دارد.
۲	می‌تواند تصادفی اتفاق بیافتد، شانس وقوع کمتر از ۵۰ درصد، طی سال چندین بار اتفاق می‌افتد و قابل کنترل در سطح شرکت است.
۰/۵	احتمالاً تا چند سال پس از تماس اتفاق نمی‌افتد، اما امکان وقوع دارد، به ندرت ممکن است اتفاق بیافتد و قابل کنترل در مبدأ می‌باشند.
۰/۱	وقوعی غیر ممکن دارند یا هرگز اتفاق نمی‌افتد.

## جدول (۵): رتبه‌بندی میزان تماس (C) در تکنیک ویلیام فاین (جوزی، ۱۳۸۷)

امتیاز	شرح میزان تماس
۱۰	به طور پیوسته، روزی چندین بار، تماس بیش از ۸ ساعت، انتشار مداوم آلاینده
۶	اغلب، هفته ای چندین بار، تماس بین ۶ الی ۸ ساعت، انتشار زیاد آلاینده، دوره ای به هنگام انجام تعمیر
۳	گاه، ماهی چندین بار، تماس بین ۴ الی ۶ ساعت در روز، انتشار متوسط آلاینده، ماهیانه و به شکل موردی
۲	به طور غیرمعمول، سالی چندین بار، تماس بین ۲ الی ۴ ساعت در روز، انتشار غیر عادی آلاینده، فصلی
۱	به ندرت، چندسال یک بار، تماس بین ۱ الی ۲ ساعت در روز، انتشار کم آلاینده
۰/۵	به‌طور جزئی، خیلی کم، تماس کمتر از ۱ ساعت در روز، انتشار قابل اغماض آلاینده، سالیانه و به شکل موردی
۰/۱	بدون تماس، بدون فرکانس وقوع و بدون انتشار آلاینده

در پایان بر اساس میانگین حدود رده‌ای که بیشترین فراوانی را دارا بود درجه مخاطره‌پذیری مورد محاسبه قرار گرفت.

$$\text{رده} = 1 + \frac{3}{3} \text{Logn} \quad (۲)$$

$$\text{کوچکترین RPN} - \text{بزرگ‌ترین RPN} = \frac{\text{کوچکترین RPN}}{\text{تعداد رده}} \quad (۳)$$

برای محاسبه درجه مخاطره‌پذیری از روش توزیع نرمال فراوانی استفاده شده است که برای محاسبه این روش نیاز به دو مولفه تعداد رده و طول رده می‌باشد که از رابطه‌های (۲) و (۳) محاسبه می‌شوند بدین ترتیب که تعداد رده از رابطه (۲) و طول رده از تفاضل کوچک‌ترین مقدار و بزرگ‌ترین مقدار عدد الویت ریسک بر تعداد رده‌ها به دست آمد و در ادامه حدود رده محاسبه شد و

گردوغبار و پساب می‌باشد که با اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط کارخانه میزان غلظت آلاینده‌های  $\text{NO}_x$ ،  $\text{SO}_2$  و THC در هوای سایت کارخانه به دلیل مجاز بودن در مقایسه با استاندارد سازمان محیط‌زیست قابل اغماض است. در جدول (۶)، نتایج آنالیز آلاینده گازی CO خروجی از دودکش واحدهای تولیدی سیمان شمال ارایه شده است.

بر اساس جدول (۶)، میزان غلظت CO اندازه‌گیری شده حاصل از فرایند دودکش الکتروفیلتر کوره شماره ۲، حدود ۵۸۹ ppm می‌باشد. در این فرایند میزان غلظت گاز CO در این واحد صنعتی بیش از حد استاندارد سازمان حفاظت محیط‌زیست (۳۰۴ ppm) است، (کیوانی، ۱۳۸۳) که در صورت تماس بیش از ۸ ساعت کار با این گاز منجر به بیماری‌های تنفسی می‌شود. خروجی گاز CO حاصل از دودکش الکتروفیلتر سیمان شماره ۲ به میزان ۶۷۲ ppm اندازه‌گیری شده است. غلظت گاز CO خروجی از دودکش الکتروفیلتر کوره و آسیاب مواد شماره ۳ به میزان ۵۳۰ ppm، دودکش الکتروفیلتر سیمان شماره ۴ به میزان ۶۲۰ ppm، میزان غلظت گاز CO خروجی از دودکش فیلترخانه گریت کولر ۵۳۵ ppm و در فیلترخانه آسیاب مواد جدید سیمان شمال غلظت گاز CO، ۱۰۴۳ ppm اندازه‌گیری شده است.

سپس، رتبه‌بندی براساس درجه مخاطره‌پذیری صورت گرفته و سطح ریسک محیط‌زیستی هر یک از فعالیت‌ها تعیین شد. پس از تعیین حدود رده، فراوانی هر یک از رده‌ها به دست آمد بدین ترتیب که ۱۲ مورد از اعداد اولویت ریسک در حدود رده (۱۹۱-۱۳۶) قرار گرفتند. به عبارت دیگر از مجموع ۴۰ عدد اولویت ریسک، ۱۲ مورد در این محدوده قرار گرفتند. بنابراین، درجه مخاطره‌پذیری از میانگین دو عدد ۱۳۶ و ۱۹۲ یا از میانگین حد پایین و حد بالای این رده، برابر با ۱۶۳ به دست آمد. بر این اساس درجه مخاطره‌پذیری برابر با ۱۶۳ تعیین شد و دستگاه‌هایی که اعداد اولویت ریسکشان بالاتر از درجه مخاطره‌پذیری موردنظر بودند، به عنوان فعالیت‌هایی با اولویت ریسک بحرانی، شناخته شدند که نیاز به اقدام‌های اصلاحی دارند.

به منظور محاسبات و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار Excel استفاده شد و نتایج به دست آمده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و پس از تعیین ریسک‌های با سطوح بالا و متوسط و پایین، راهکارهایی به منظور کاهش ریسک‌های سطح بالا ارایه شد.

### یافته‌ها

آلاینده‌های تولیدی در بخش‌های مختلف کارخانه سیمان شمال به‌طور کلی شامل آلاینده‌های CO،  $\text{NO}_x$ ،  $\text{SO}_2$  و THC،

جدول (۶): میزان غلظت آلاینده گاز CO خروجی از دودکش‌ها (گزارش واحد HSE کارخانه سیمان شمال، ۱۳۸۹)

وضعیت انطباق	مرجع قانونی	میزان اندازه‌گیری شده (ppm)	ایستگاه اندازه‌گیری
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۵۸۹	دودکش الکتروفیلتر کوره ۲
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۶۷۲	دودکش الکتروفیلتر سیمان ۲
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۵۳۰	دودکش الکتروفیلتر کوره و آسیاب مواد ۳
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۶۲۰	دودکش الکتروفیلتر سیمان ۴
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۵۳۵	دودکش فیلترخانه (Bag House) گریت کولر
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۱۰۴۳	دودکش فیلترخانه (Bag House) آسیاب مواد جدید

استاندارد سازمان محیط‌زیست ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )، اندکی بالاتر از حد مجاز است (کیوانی، ۱۳۸۳). میزان غلظت ذرات معلق خروجی از دودکش الکتروفیلتر سیمان شماره ۲ نیز  $157 \mu\text{g}/\text{m}^3$  مشخص شده که اندکی بالاتر از حد مجاز می‌باشد.

میزان ذرات معلق خروجی دودکش الکتروفیلتر کوره و آسیاب مواد شماره ۲، به میزان  $156 \mu\text{g}/\text{m}^3$  است. غلظت ذرات معلق اندازه‌گیری شده در خروجی دودکش سیمان شماره ۴، به میزان

در جدول (۷)، اندازه‌گیری ذرات معلق در واحدهای تولیدی کارخانه سیمان شمال مشاهده می‌شود. با توجه به نتایج حاصل از اندازه‌گیری غلظت ذرات معلق موجود در هوای آزاد کارخانه سیمان شمال و نزدیک‌ترین روستای مسکونی باغکمش واقع در حدود ۳ کیلومتری جنوب کارخانه، از خروجی دودکش الکتروفیلتر کوره شماره ۲ ملاحظه می‌شود که میانگین غلظت ذرات معلق در محل نمونه‌برداری شده  $156 \mu\text{g}/\text{m}^3$  در مقایسه با حد

ذرات معلق دودکش فیلترخانه گریت  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$  و ذرات معلق  $158 \mu\text{g}/\text{m}^3$  است که بیشتر از حد استاندارد می‌باشد. غلظت خروجی حاصل از دودکش فیلترخانه آسیاب مواد جدید  $164 \mu\text{g}/\text{m}^3$  می‌باشد.

**جدول (۷): میزان غلظت آلاینده ذرات معلق خروجی از دودکش‌ها (گزارش واحد HSE کارخانه سیمان شمال، ۱۳۸۹)**

وضعیت انطباق	مرجع قانونی	میزان اندازه‌گیری شده ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ایستگاه اندازه‌گیری
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۱۵۶	دودکش الکتروفیلتر کوره ۲
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۱۵۷	دودکش الکتروفیلتر سیمان ۲
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۱۵۶	دودکش الکتروفیلتر کوره و آسیاب مواد ۳
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۱۵۸	دودکش الکتروفیلتر سیمان ۴
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۱۶۰	دودکش محفظه کیسه‌ای (Bag House) گریت کولر
بالاتر از حد مجاز	سازمان محیط‌زیست	۱۶۴	دودکش محفظه کیسه‌ای (Bag House) آسیاب مواد جدید

جنس نامرغوب کیسه‌ها، فشار و سرعت نامناسب هوای داخل فیلترها، مواد خام نامناسب از نظر کیفیت و حجم و سرعت ورود مواد به داخل تجهیزات و نقص فنی عملکرد کوره‌ها باشد که نتایج در جدول (۸)، ارایه شده است. حد مجاز تراکم گرد و غبار کلی و تنفسی بر اساس استاندارد سازمان محیط‌زیست است (کیوانی، ۱۳۸۳).

بر اساس نتایج اندازه‌گیری به‌دست آمده، مشاهده می‌شود که تمامی کارگران سالن‌های آسیاب مواد ۱ و ۲، بارگیرخانه خاکستری، آسیاب گچ واحد ۳، بارگیرخانه سفید، کوره ۱ و ۲، سنگ شکن واحد ۳، آسیاب سیمان واحد ۴، کوره واحد ۳، پری‌هیتر، در معرض گرد و غبار کلی و گرد و غبار تنفسی بیش از حد مجاز می‌باشند که می‌تواند به دلایل نقص در طراحی و

**جدول (۸): نتایج اندازه‌گیری گرد و غبار کلی و تنفسی در سالن‌های کارخانه (گزارش واحد HSE کارخانه سیمان شمال، ۱۳۸۹)**

محل نمونه‌برداری	تعداد نمونه	تراکم گرد و غبار کلی ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	حد مجاز تراکم گرد و غبار کلی ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	تراکم گرد و غبار تنفسی ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	حد مجاز تراکم گرد و غبار تنفسی ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
آسیاب مواد ۱ و ۲	۴	۱۳،۴	۱۰	۶،۲	۵
کوره ۱ و ۲	۴	۱۲،۵۶	۱۰	۵،۸۹	۵
آسیاب گچ واحد ۳	۴	۱۲،۸۹	۱۰	۵،۴۳	۵
بارگیرخانه سفید	۴	۹،۷۴	۱۰	۴،۵	۵
بارگیرخانه خاکستری	۴	۲۲،۱	۱۰	۱۱،۳	۵
آسیاب سیمان واحد ۳	۴	۱۷،۸	۱۰	۸،۲	۵
آسیاب سیمان واحد ۴	۴	۱۲،۱	۱۰	۵،۴	۵
پری‌هیتر	۴	۱۰،۶۵	۱۰	۳،۵۸	۵
کوره واحد ۳	۴	۱۴،۲۵	۱۰	۶،۳۲	۵
سنگ شکن واحد ۳	۴	۱۰،۵	۱۰	۴،۷	۵

بهداشتی از واحدهای مختلف ثبت شده و نواقص از نظر ایمنی و بهداشتی پیگیری می‌شود. با توجه به نتایج اندازه‌گیری شده از پساب خروجی، پارامترهای شیمی و فیزیک فاضلاب، فلزات سنگین و عوامل باکتریولوژی توسط آزمایشگاه‌های شیمی و

**بررسی پساب خروجی کارخانه سیمان**

اندازه‌گیری مقدار کلر آب آشامیدنی، ثبت آمار و حوادث به صورت ماهیانه، ۳ ماهه، ۶ ماهه و یک ساله برابر خواسته اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان تهران، بازدیدهای ایمنی و

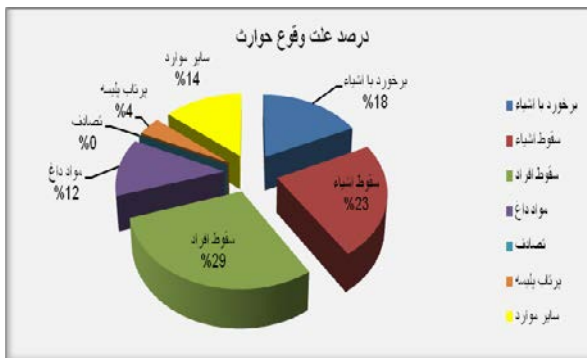
### بررسی وضعیت ایمنی واحدهای مورد مطالعه

از مهم‌ترین حوادث شغلی در صنعت سیمان، می‌توان به سقوط اجسام از جرثقیل، تماس با مواد شیمیایی، برق گرفتگی، تماس با برق، لیز خوردن به دلیل ریخت و پاش روغن بر روی زمین، گیرافتادن اجزای بدن در تجهیزات و اجسام و ایجاد شکستگی در آن‌ها، برخورد با اشیاء، تصادف، مواد داغ، پرتاب پلیسه اشاه نمود. سوانح و حوادث خود به خود بوجود نمی‌آیند، بلکه زاینده عللی هستند. علل حوادث در صنعت سیمان به ۳ دسته تقسیم می‌شوند:

۱. رفتار فردی غیر ایمن (حوادثی که به علت عدم استفاده از وسایل حفاظت فردی رخ می‌دهند)
۲. شرایط غیر ایمن (مسیر، پلکان و کف غیراستاندارد، همچنین آلوده شدن محیط به مواد چرب و لغزنده)
۳. خطای مدیریتی

میزان حوادث شغلی بر حسب علل آن در واحدهای ساختمانی، ترانسپورت، برق و الکتریک، مکانیک و معدن نشان می‌دهد که بیشترین حوادث در بخش برق و الکتریک و در مرحله بعد، بخش‌های ترانسپورت و بهره‌برداری از سیمان خاکستری اولویت را به خود اختصاص می‌دهند. عدم استفاده از وسایل حفاظت فردی، عمل اشتباه، نگهداری و تعمیرات ناقص تجهیزات، انجام کار در موقعیت خطرناک، انتخاب غلط محل استقرار، دلایل بروز حادثه در کارخانه سیمان شمال در سال ۱۳۸۸ بوده‌اند (گزارش واحد HSE کارخانه سیمان شمال، ۱۳۸۹).

در نمودار (۱)، فراوانی علل حوادث رخ داده در کارخانه مشاهده می‌شود که بالاترین درصد حادثه به سقوط افراد مربوط می‌باشد.



نمودار (۱): درصد فراوانی علت وقوع حوادث سیمان

شمال (گزارش واحد HSE کارخانه سیمان شمال، ۱۳۸۹)

### ارزیابی ریسک

ارزیابی ریسک کلیه فعالیت‌های واحدهای تولیدی سیمان با

فیزیک و باکتریولوژی امور کنترل کیفیت و بهداشت آب و فاضلاب وزارت نیرو مورد سنجش قرار گرفت.

اندازه‌گیری پارامترهای مختلف پساب نشان می‌دهد که در خروجی پساب میزان COD<sup>(۶)</sup> و BOD<sup>(۷)</sup> و میزان املاح محلول در حد استاندارد می‌باشد. همچنین، میزان فلزات سنگین، مواد معلق، سختی آب و دیگر پارامترها در حد استاندارد می‌باشند، در حالی که میزان نیترات و دترجنت ورودی به پساب بالاتر از حد مجاز است.

کمترین میزان pH در پساب خروجی شرکت ۷/۳ و بیشترین میزان این پارامتر ۸/۵ و دارای میانگین ۷/۸ در یک دوره سالانه می‌باشد. سازمان محیط‌زیست نیز pH به میزان ۶ الی ۸/۵ را جهت تخلیه به آب‌های سطحی مجاز می‌شمارد که در نتیجه، تمامی موارد گزارش شده از میزان پارامتر مذکور در پساب خروجی شرکت در محدوده مجاز می‌باشد.

حداقل میزان BOD<sub>5</sub><sup>(۸)</sup> در پساب خروجی شرکت ۲ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است. استاندارد سازمان محیط‌زیست تا ۳۰ (لحظه‌ای ۵۰) میلی‌گرم در لیتر BOD<sub>5</sub> را برای تخلیه در آب‌های سطحی مجاز می‌شمارد که در نتیجه میزان BOD<sub>5</sub> در پساب خروجی شرکت پایین‌تر از حد استاندارد قرار دارد. میزان COD در بررسی صورت گرفته در دوره یک ساله، دارای میزان ۴۳ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد که با توجه به استاندارد سازمان محیط‌زیست که میزان ۶۰ (لحظه‌ای ۱۰۰) میلی‌گرم در لیتر را مجاز می‌شمارد، در فصل بهار میزان COD در پساب خروجی شرکت سیمان شمال پایین‌تر از حد مجاز می‌باشد.

حداقل میزان آمونیاک در پساب خروجی شرکت ۰٫۶۹ میلی‌گرم در لیتر گزارش شده است. استاندارد سازمان محیط‌زیست تا ۲٫۳۶ میلی‌گرم در لیتر آمونیاک را برای تخلیه در آب‌های سطحی مجاز می‌شمارد که در نتیجه میزان این پارامتر در پساب خروجی شرکت پایین‌تر از این میزان قرار دارد.

همچنین، نتایج بررسی عوامل باکتریولوژی از پساب خروجی صنعت سیمان که در فصول مختلف به طور دوره‌ای انجام شده است، نشان می‌دهد که میزان کلیفرم گرم‌پای در بررسی صورت گرفته در دوره یکساله دارای حداکثر میزان MPN/100cc<sup>(۹)</sup> ۱۶۰۰۰ می‌باشد. با توجه به این که سازمان محیط‌زیست تا ۴۰۰ MPN/100cc را برای تخلیه پساب‌ها به آب‌های سطحی مجاز دانسته است، میزان کلیفرم گرم‌پای بسیار بالاتر از حد مجاز می‌باشد (گزارش واحد HSE کارخانه سیمان شمال، ۱۳۸۹).



مرحله مشخص شد که بر اساس تقسیم‌بندی ریسک بالا، متوسط و تحت کنترل، ریسک پروژه حاضر در چه سطحی است تا بتوان اقدام‌های مدیریتی لازم را در این راستا اعمال نمود. در جدول (۹)، ارزیابی ریسک اولیه و ثانویه جنبه‌های محیط‌زیستی کارخانه سیمان شمال مورد بررسی قرار گرفت.

هدف مدیریتی کاهش مخاطرات انجام پذیرفت. برای این منظور کلیه فعالیت‌ها و فرایندهای در حال انجام در این کارخانه مورد بررسی قرار گرفت و فهرست فعالیت‌ها تهیه شد. فعالیت‌های اساسی برای به نظم درآوردن آن‌ها تعریف شد که ملاک عمل قرار گرفت. سپس، طبقه‌بندی ریسک انجام پذیرفته و در این

جدول (۹): محاسبه ارزیابی ریسک اولیه و ثانویه جنبه‌های محیط‌زیستی (نگارندگان، ۱۳۸۹)

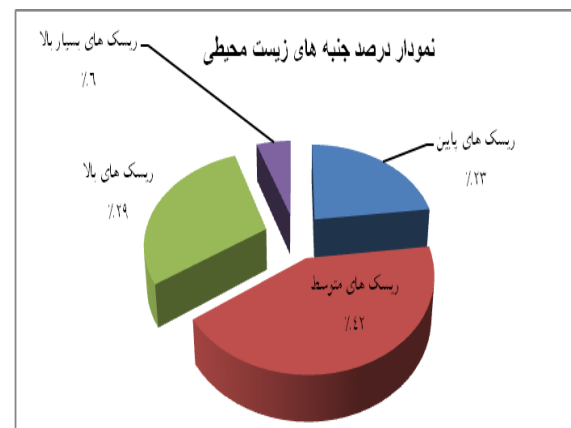
تجهیزات	جنبه محیط‌زیستی	اثر مخرب	ارزیابی اولیه جنبه‌های محیط‌زیستی		اقدام‌های اصلاحی	ارزیابی ثانویه جنبه‌های محیط‌زیستی				
			سطح ریسک	اثر ریسک		شدت	احتمال وقوع	میزان تماس	اثر ریسک	سطح ریسک
آهن‌گری و جوشکاری	آلاینده فیوم اکسید آهن	آلودگی هوا	H	۲۴۰	استفاده از فن‌های سقفی جهت تهویه هوای عمومی کارگاه‌ها	۳	۶	۸	۱۴۴	M
	آلاینده فیوم کلرید روی	آلودگی هوا	M	۱۹۲	استفاده از فن‌های سقفی جهت تهویه هوای عمومی کارگاه‌ها، استفاده از ماسک	۳	۶	۶	۱۰۸	L
کوره ۱ و ۲	انتشار گرد و غبار	آلودگی هوا	H	۲۴۰	استفاده از ماسک‌های فیلتردار به هنگام تماس با گرد و غبار نصب سیستم‌های کنترل گازهای آلاینده در خروجی دودکش کوره‌ها	۳	۶	۶	۱۰۸	M
	فیوم اکسید سرب	آلودگی هوا	H	۲۴۰	استفاده از انرژی گازهای زائد جهت تولید بخار و یا گرمایش بهبودسازی شیوه‌های عملیاتی بویژه کنترل دما و سوخت	۴	۶	۸	۱۹۲	M
تعمیرات سیار	فیوم اکسید آهن	آلودگی هوا	H	۲۴۰	محدودیت هوای پیش‌گرمکن کوره‌ها، استفاده از بادشکن استفاده از محفظه احتراق کاملاً بسته، تنظیم دبی هوا و گاز ورودی به مشعل	۴	۶	۸	۱۹۲	M
	انتشار گرد و غبار	آلودگی هوا	H	۳۶۰	استفاده از فن‌های سقفی جهت تهویه هوای عمومی کارگاه‌ها و کاهش غلظت گرد و غبار، نظافت صنعتی در سطح تجهیزات سالن تولید، استفاده از ماسک	۴	۶	۶	۱۶۰	M
کوره ۳	انتشار گرد و غبار	آلودگی هوا	H	۳۰۰	محدودیت هوای پیش‌گرمکن کوره‌ها، استفاده از بادشکن استفاده از محفظه احتراق کاملاً بسته، تنظیم دبی هوا و گاز ورودی به مشعل	۵	۶	۶	۱۸۰	M
	انتشار گرد و غبار	آلودگی هوا	M	۱۲۴	کاهش غلظت گرد و غبار با استفاده از تعبیه بگ‌فیلتر یا سیکلون یا اسکرابر جهت تهویه هوای سالن، نظافت سالن و آب‌پاشی، استفاده از تجهیزات ایمنی	۶	۲	۶	۷۲	L
پزی همبر	انتشار گرد و غبار	آلودگی هوا	M	۱۴۴	کاهش غلظت گرد و غبار با استفاده از تعبیه بگ فیلتر یا سیکلون یا اسکرابر جهت تهویه هوای سالن، نظافت سالن و آب‌پاشی، استفاده از تجهیزات ایمنی	۳	۶	۳	۵۴	L
	انتشار گردوغبار	آلودگی هوا	H	۳۶۰	استفاده از مواد جاذب و مبراکنده، نصب صدا خفه‌کن، عایق‌بندی تجهیزات محصور کردن دستگاه در اتاق اکوستیک و استفاده از مواد جاذب در سقف	۶	۶	۲	۱۶۰	M

Low Risk : L ،Medium Risk : M ،High Risk : H

## بحث و نتیجه‌گیری

در واحد صنعتی سیمان شمال با توجه به نتایج تعیین مقدار آلاینده‌هایی که نمونه‌برداری و آنالیز شده‌اند، ملاحظه می‌شود که غلظت گرد و غبار در هوای آزاد کارخانه سیمان و نیز روستای اطراف آن، بسیار بیشتر از حد مجاز می‌باشد. این امر، علاوه بر هدر رفتن مقادیر قابل توجهی سیمان، باعث ایجاد تغییرات نامطلوبی در محیط‌زیست نیز خواهد شد.

بر اساس رتبه‌بندی انجام گرفته، از ۴۰ جنبه محیط‌زیستی آثار مورد بررسی، ۱۲ مورد در دسته ریسک‌های با درجه مخاطره‌آمیز<sup>(۱۰)</sup>، همچنین از ۲۸ جنبه بالاتر از درجه مخاطره‌پذیری باقی مانده ۲۲ مورد ریسک متوسط، ۳ مورد ریسک بالا و ۳ مورد ریسک بسیار بالا داشتند و به عبارت دیگر ۲۳ درصد از جنبه‌ها در سطح ریسک پایین، ۴۲ درصد از جنبه‌ها در سطح ریسک متوسط، ۲۹ درصد از جنبه‌ها در سطح ریسک بالا و ۶ درصد از جنبه‌ها در سطح ریسک بسیار بالا قرار گرفتند. در نمودار (۲)، درصد ریسک جنبه‌های محیط‌زیستی نشان داده شده است.



نمودار (۲): درصد ریسک جنبه‌های محیط‌زیستی

نتایج حاصل از بررسی جنبه‌های ریسک محیط‌زیستی هر دستگاه حاکی از آن است که کم‌ترین عدد اولویت ریسک برابر با ۲۴ است. هم‌چنین، بالاترین عدد اولویت جنبه مختص به ریسک محیط‌زیستی مربوط به فرایند ارتعاش پیش‌گرمکن در دسته ریسک‌های بسیار بالا با عدد ریسک اولیه ۳۶۰ و عدد ریسک ثانویه ۱۸۰ و انتشار گردوغبار مربوط به فرایند آسیاب آهک با عدد ریسک اولیه و ثانویه به ترتیب ۳۶۰ و ۱۶۰، آسیاب گچ شماره ۳ با عدد ریسک اولیه و ثانویه ۳۰۰ و ۱۰۸ و انتشار گردوغبار مربوط به واحد الکتروفیلتر کوره شماره ۱ و ۲ با عدد ریسک اولیه ۳۶۰ قرار دارند که با بررسی اقدام‌های اصلاحی به

عدد ریسک ثانویه ۱۶۰ تقلیل می‌یابد.

انتشار ارتعاش و گرد و غبار به علت فعالیت مکرر در واحد کوره شماره ۳ در دسته ریسک‌های بالا قرار گرفت. با توجه به این که در این مرحله، عدد اولویت ریسک ۳۰۰ به‌دست آمد و از درجه مخاطره‌پذیری ۱۶۳ بالاتر است. بنابراین، به عنوان RPN بحرانی معرفی و برای آن اقدام‌های اصلاحی و کنترلی تعریف شد. پس از انجام اقدام‌های اصلاحی، عدد ریسک ثانویه ۱۸۰ مورد محاسبه قرار گرفت.

انتشار ذرات به علت عملکرد ایمنی آسیاب‌ها طبق رتبه‌بندی انجام شده در دسته ریسک‌های بالا قرار گرفت، آثار خرابی مربوط به این جنبه انتشار گرد و غبار و ایجاد آلودگی هوا است. از آن جایی که عدد اولویت ریسک ۲۴۰ از درجه مخاطره‌پذیری ۱۶۳ بالاتر است، در نتیجه عدد اولویت ریسک از درجه مخاطره‌پذیری بالاتر بوده، بنابراین نیازمند اقدام‌های اصلاحی است. اقدام‌های اصلاحی مانند: نظافت در سطح واحد، استفاده از سیکلون یا فیلترهای الکترو استاتیک خشک جهت غبارزدایی، کاهش غلظت گرد و غبار و آلاینده‌ها با استفاده از تعبیه یک فیلتر یا سیکلون یا اسکرابر جهت تهویه هوای سالن‌های تولید و انبار مواد اولیه، استفاده از فن‌های سقفی جهت تهویه هوای عمومی کارگاه‌ها و کاهش غلظت گرد و غبار، استفاده از سیستم اسکرابرتر wet scrubber، استفاده از ماسک‌های فیلتردار هنگام تماس با ذرات، استفاده از سیستم‌های غبارگیر برای پایین آوردن رتبه شدت و وقوع که بیشترین رتبه‌ها را دارند، توصیه می‌شود. در صورت پیاده‌سازی اقدام‌های اصلاحی عدد ریسک ثانویه ۱۴۴ محاسبه شد.

## پیشنهادها

**اقدام‌های اصلاحی جهت مدیریت محیط‌زیستی کارخانه**  
به منظور کنترل انتشار ذرات، فیوم‌های اکسید آهن و آلاینده‌های گازی در صنعت سیمان شمال و فضای پیرامون آن پیشنهاد می‌شود:

- ✓ استفاده از اتاقک تصفیه براساس وزن ذرات خروجی از دودکش‌ها
- ✓ جمع‌کننده‌های سیکلونی
- ✓ تصفیه‌کننده‌های مرطوب جهت ته‌نشین کردن ذرات گرد و غبار و رسوب‌دهنده‌های الکترواستاتیکی
- ✓ بهینه‌سازی سیستم پالایش غبار در واحدهای مختلف تولید سیمان به‌ویژه در آسیاب‌ها (جدول ۱۰)

مدیریت محیط‌زیستی و فعالیت‌های شرکت سیمان شمال ایجاد نماید. به‌طور کلی به منظور اطمینان از ایجاد محیط کاری مناسب و ایمن علاوه بر موارد ذکر شده باید سیستم مدیریت ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (OHSAS18000) در کارخانه ایجاد شود تا با اجرای سیستم کنترل حوادث و ثبت نتایج در مواقع بروز خطر، اجرای عملیات پایش و اندازه‌گیری عوامل زیان‌آور محیط کار، بازرسی از سایت‌های صنعتی و نظارت بر تسهیلات بهداشتی، تشکیل کمیته حفاظت فنی و بهداشت کار در کلیه بخش‌ها بتوان تا حدود زیادی حوادث را کنترل و احتمال وقوع آن‌ها را کاهش داد. شرکت سیمان شمال برای رسیدن به تولید محصول با کیفیت، ترویج فرهنگ حفظ محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها تلاش خود را به منظور استقرار سیستم مدیریت یکپارچه (IMS)<sup>(۱۱)</sup> که شامل استانداردهای بین‌المللی: *ISO 9001* و *ISO 14001*<sup>(۱۲)</sup> و *OHSAS 18001*<sup>(۱۳)</sup> می‌باشد را به کار گرفته و بهبود مستمر و اثربخشی این سیستم را برای فرآیندهای خود ضروری بشمارد. با توجه به موارد ذکر شده، مدیریت و کارکنان جهت‌گیری خود برای دستیابی به اهداف عالییه شرکت را در ۴ وجه اصلی به شرح جدول (۱۰)، باید رعایت کنند.

#### یادداشت‌ها

1. Particulate Matter
2. Total Hydro Carbons
3. Iranian Technical Committee Occupational Health & Safety
4. Risk Priority Number
5. Aspect
6. Chemical Oxygen Demand
7. Biochemical Oxygen Demand
8. Biochemical Oxygen Demand in 5 Days
9. The Most Probable Number in 100 cc
10. Hazardous Rate
11. Integrated Management System
12. International Organization for Standardization
13. Occupational Health Safety Assessment System

✓ انتخاب پارچه‌های فیلترهای کیسه‌ای و جایگزین فیلترهای کیسه‌ای نوع ضربه‌ای با نوع جت‌پالس اشاره نمود. امروزه فیلترهای کیسه‌ای نوع جت‌پالس جایگزین انواع ضربه‌ای و جریان هوای معکوس شده است.

✓ روش‌هایی مانند نگهداری و بازرسی منظم مشعل‌های کوره‌ها ✓ استفاده از سیستم‌های کنترل گازهای آلاینده در خروجی از دودکش کوره‌ها ✓ استفاده از بادشکن (کاشت درختان) ✓ استفاده از انبارهای سرپوشیده جهت کنترل ذرات انتشار یافته در اثر حمل و نقل مواد و انباشت و برداشت ✓ استفاده از انرژی گازهای آلاینده جهت تولید بخار و یا گرمایش ✓ بازیابی و استفاده مجدد از گاز CO<sub>2</sub> ✓ بهینه‌سازی شیوه‌های عملیاتی بویژه کنترل دما و سوخت ✓ برای کنترل غبار و تصفیه گاز در کوره‌های ذوب می‌توان از روش‌های مکش مستقیم از روی کوره، مکش غیرمستقیم توسط هوا، تهویه محوطه ذوب استفاده نمود. همچنین، جهت کنترل انتشار NO<sub>x</sub>، SO<sub>2</sub> و CO ناشی از دودکش دیزل ژنراتور و تردد ماشین‌آلات در محیط پیرامون صنعت می‌توان به روش‌های ذیل اشاره کرد:

✓ تغییر و اصلاح روش احتراق به صورت تنظیم احتراق ✓ جذب یا شستشوی گاز با مایع جاذب، رعایت نسبت هوا به سوخت مناسب ✓ احتراق شعله مستقیم

در خصوص تصفیه پساب حاصل از فعالیت‌های کارخانه، کارخانه مجهز به سیستم جمع‌آوری آب‌های سطحی و یا پساب‌های تولیدی می‌باشد که به محض تولید آب‌های آلوده به این بخش منتقل می‌شود. در این زمینه، پساب خروجی در خنک کردن بخش‌های تولیدی سیمان مورد استفاده قرار می‌گیرد. به منظور ارزیابی، پایش و بررسی مستمر آثار فعالیت‌های مختلف شرکت سیمان شمال بر مجموعه عناصر و مولفه‌های ایمنی و بهداشتی و محیط‌زیستی، همچنین نظارت بر حسن اجرای فعالیت‌ها و راه‌کارهای ذکر شده و تخفیف کاهش و آثار محیط‌زیستی، تدوین و اجرای سیستم مدیریتی محیط‌زیستی پیشنهاد می‌شود. این برنامه در نهایت، می‌تواند هماهنگی و ارتباط معقول و منطقی میان شاخص‌ها و عوامل متنوع نظام

**جدول (۱۰): ضرورت‌ها و جنبه‌های مختلف به منظور مدیریت محیط‌زیستی کارخانه سیمان شمال**

وجه مالی	وجه بازار و مشتری
<ul style="list-style-type: none"> <li>- افزایش درآمد</li> <li>- افزایش بازدهی سرمایه به کار گرفته شده</li> <li>- افزایش سودآوری</li> <li>- مدیریت هزینه‌ها</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ایجاد تنوع در سیمان تولیدی</li> <li>- افزایش سهم بازار داخلی و خارجی</li> <li>- افزایش رضایت مشتری</li> <li>- نهادینه‌سازی استانداردهای محیط‌زیستی</li> </ul>
وجه فرایندهای داخلی	وجه یادگیری و رشد
<ul style="list-style-type: none"> <li>- بهبود فرآیند بازاریابی و فروش</li> <li>- ارتقای نظام نگهداری و تعمیرات</li> <li>- افزایش بهره‌وری تولید</li> <li>- بهینه‌سازی مصرف انرژی</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ارتقای ایمنی و بهداشت</li> <li>- ارتقای مهارت‌ها و قابلیت‌های کارکنان</li> <li>- ارتقای مدیریت منابع انسانی</li> <li>- توسعه سیستم‌ها و زیرساخت‌های مدیریتی</li> </ul>

**فهرست منابع**

- جوزی، س. ع. ۱۳۸۷. ارزیابی و مدیریت ریسک، چاپ اول، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی: ۱۱۵-۱۱۹.
- جوزی، س. ع.؛ کعب‌زاده، ش. و ایرانخواهی، م. ۱۳۸۷. ارزیابی ریسک شرکت لوله‌سازی اهواز به روش «ویلیام فاین» به منظور راه‌کارهای مدیریتی جهت کنترل و کاهش ریسک‌های ایمنی، بهداشت و محیط‌زیست در سال ۱۳۸۷. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، بهار ۸۹، دوره هیجدهم، شماره اول.
- چهرگانی، ح. ۱۳۸۶. مهندسی محیط‌زیست در صنعت سیمان. نشر شرکت فن‌آوری و صنعتی انرژی.
- حبیبی، الف. ۱۳۸۶. ایمنی کاربردی و شاخص‌های عملکرد در صنعت، انتشارات فن‌آوران.
- قمصری، ف. و مصطفوی، ث. ۱۳۸۷. بررسی اثرات محیط‌زیستی کارخانه سیمان شمال. پایان‌نامه کارشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.
- کیوانی، ن. ۱۳۸۳. ضوابط و استانداردهای محیط‌زیستی در زمینه محیط انسانی، انتشارات سازمان محیط‌زیست.
- کارخانه سیمان شمال. ۱۳۸۹. گزارش واحد HSE و مستندات کارخانه سیمان شمال.
- Alcock, R.E.; Gemmil, R. & Jones, K.C. 1999. Improvements to the UK PCDD/F and PCB atmospheric emission inventory following an emission measurement programme. *Chemospher* 38, 759- 770.
- Brzuzny, L.P. & Hites, R.A. 1996. Estimating the atmospheric deposition of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans from soils. *Environ. Sci. Technol.* 30, 1797- 1804.
- Isikli, B.; Demir, T.A.; Urer, S.M. & Berber, A. 2003. Effects of chromium exposure from a cement factory. *Environ. Res.* 91, 113- 118.
- Kalafatoglu, E.; Ors, N. & Munlafalioglu, I. 2001. Trace element emissions from some cement plants in Turkey. *Water Air Soil Pollut.* 129, 91- 100.
- Nessel, S. C.; Butler, J. P. & Post, G. B. 1991. Evaluation of the relative contribution of exposure routes in a health risk assessment of dioxin emission from a municipal waste incinerator. *J.* 283 – 307.
- Schuhmacher, M.; Domingo, J. L. & Garreta, J. 2004. Pollutants emitted by a Cement Plant: health risks for the population living in the neighborhood. 95, 198 – 206.
- Sidhu, S.; Kasti, N. & Edwards, P. 2001. Hazardous air pollutants formation from reactions of raw meal organics in cement kilns. *Chemospher* 42, 499- 506.
- Wypych. 2005. Chemical Engineering and Processing, Controlling dust emission and explosion hazards in powder handling plants. 323 – 326.
- Zemba, S. G.; Green, L. C.; Crouch, A. C. & Lester, R. R. 1996. Quantitative risk assessment of stack emission from municipal waste combustors. *J. Hazard. Mater.* 47, 229 – 275.