Survey of pollutant emissions from stack of Saman cement factory of Kermanshah city from year 2011 to 2012

Ali Almasi[*1], Fateme Asadi[2], Mitra Mohamadi[2], Frogh Farhadi[3], Zahra Atafar[4], Razieh Khamutian[5], Ahmad Mohamadi[6]

1. Faculty member and professor and director of the Department of Environmental Health, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
2. MS.c candidate of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
3. BS of Environmental Health Engineering, Saman Cement Factory, Kermanshah, Iran.
4. MSc of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
5. MSc of Environmental Health Engineering, Research Center for Environmental Determinants of Health (RCEDH), School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences, Kermanshah, Iran.
6. BS of Environmental Health Engineering, Kermanshah Health center, Kermanshah, Iran.

ABSTRACT

Background and Aims: Toxic gases and hazardous particulates that release into environment from cement factories have considered as the environmental problems. This study aimed to determine the level of air pollutants from the stacks and the ambient air of the Kermanshah Saman cement factory and its comparison with existing standards.

Materials and Methods: This is a Descriptive - analytical study. The assessed parameters include the suspended particles CO, NO_2, NO and SO_2 from pre-heater, crusher, and electro filter have performed according to the method of Perkinz air pollution control.

Results: Results showed that amount of suspended particulates was lower than the industry emissions standard, which has been approved as a national standard for crusher (200 mg per cubic meter) electro-filter (150 mg per cubic meter). However, the amount of gases emission was more than standard.

Conclusions: This study revealed that the controlling devices have good ability in particles control. Although the exhaust gases seemingly different from the standard, but the difference is not significant.
However further controls are recommended for control of gases pollutants.

Key words: Cement factory, Particulate, Polluting gases, Kermanshah.

***Corresponding Author:**
Department of Environmental Health, School of Public Health, Kermanshah University of Medical Sciences.

Email: alialmasi@yahoo.com

Received: 24 Jul. 2013
Accepted: 3 Sep. 2013

فصلنامه بهداشت در عرصه
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی ـ دانشکده بهداشت
دوره ۱، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، صفحات ۳۶ تا ۴۳

بررسی میزان آلاینده های خروجی از دودکش کارخانه سیمان سامان کرمانشاه در سال ۹۱-۱۳۹۰

علی الماسی[۱]، فاطمه اسدی[۲]، میترا محمدی[۲]، فروغ فرهادی[۳]، زهرا عطافر[۴]، راضیه خاموطیان[۵]، احمد محمدی[۶]

[۱] استاد گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه
[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، کمیته تحقیقات دانشجویان دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه
[۳] کارشناس بهداشت محیط، کارخانه سیمان سامان
[۴] دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه
[۵] کارشناس پژوهش، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه
[۶] کارشناس مهندسی بهداشت محیط، مرکز بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

چکیده

مقدمه و هدف: گازهای سمی، آلاینده‌ها و ذرات خطرناکی که روزانه از دودکش کارخانه‌های سیمان در محیط اطراف رها می‌شود، این صنایع را با چالش زیست محیطی مهمی روبرو ساخته است. این مطالعه با هدف تعیین میزان آلاینده‌های هوای خروجی دودکش کارخانه سیمان سامان کرمانشاه و مطابقت آن با استانداردهای موجود صورت گرفت.

مواد و روش‌ها: این پژوهش یک مطالعه توصیفی - تحلیلی است. اندازه گیری پارامترهای مورد نظر شامل: ذرات معلق خروجی و CO ,NO_2 ,NO , SO_2 از پیش گرمکن، سنگ شکن، الکتروفیلتر طبق روش‌های کنترل آلودگی هوای پرکینز انجام شد.

یافته ها: در ارزیابی صورت گرفته مشاهده گردید که میزان ذرات معلق خروجی از دودکش‌های کارخانه سیمان در همه فصول سال بر اساس استاندارد آلاینده‌های خروجی ناشی از صنایع، بسیار پایین تر از حد استاندارد سنگ شکن (۲۰۰میلی گرم بر متر مکعب) و الکتروفیلتر (۱۵۰ میلیگرم بر متر مکعب) بوده است. در حالی که میزان گازهای خروجی در مقادیر جزئی بالاتر از استاندارد می‌باشد.

نتیجه گیری: نتایج این مطالعه نشان می‌دهد سیستم حفاظتی آلایندگی هوا از نظر مواد معلق در تمام خروجی‌های مورد پایش از کارایی مطلوبی برخوردار است. ولی با توجه به میزان بالاتر از استاندارد گازهای خروجی باید کنترل‌های بیشتری در این زمینه انجام گیرد.

کلید واژه ها: کارخانه سیمان، ذرات معلق، گازهای آلاینده، کرمانشاه

***آدرس نویسنده مسئول:**
دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی کرمانشاه

Email: almasi@yahoo.com

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۵/۲
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۶/۱۲

مقدمه:

هم گام با پیشرفت صنایع در کشورهای در حال توسعه، آلودگی هوا تهدیدی جدی برای سلامت عمومی جامعه قلمداد شده و از این رو در زمره اهم مسایل زیست محیطی و بهداشتی این گونه جوامع قرار گرفته است. گازهای مخرب و سمی، آلاینده‌ها و ذرات خطرناکی که روزانه توسط دودکش کارخانه‌ها و نیروگاه‌ها در محیط اطراف رها می‌گردند، این گونه جوامع را با چالش زیست محیطی مهمی روبرو ساخته است. روند تغییرات جوی در دو دهه اخیر در منطقه خاور میانه و حدود ۲۲ استان غربی، جنوبی و مرکزی ایران تحت تاثیر طوفانهای گرد و غباری یا به عبارتی ریزگردی قرار گرفته است. گرد و غبار ناشی از صنایع موجد ریزگرد باعث تشدید این وضعیت نامطلوب می‌گردد. از جمله این صنایع می‌توان به صنعت سیمان اشاره نمود. در حال حاضر ۳۴ کارخانه تولید سیمان در کشور فعال می‌باشند که این رقم در صورت اتمام موفق طرح‌های در دست اجرا بالغ بر ۵۵ عدد خواهد رسید [۱].

در هر یک از مراحل مختلف تولید سیمان از جمله پیش حرارت دهی، کلینکرسازی، خنک کردن کلینکر، عملیات خرد کردن و انبار کردن مقادیر زیادی گاز و گرد و غبار با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت تولید خواهد شد [۲]. بنابراین کنترل کیفیت هوای اطراف کارخانه از طریق سنجش شاخص‌هایی مانند شاخص کیفیت هوا (Air Quality Index)، شاخص آلودگی هوا (Air Pollution Index) و شاخص استاندارد آلودگی (Pollutant Standard Index) از جمله اقدامات موثر جهت تعیین کمیت آلاینده‌ها و توصیف کیفیت هوای خروجی از دودکش صنایع می‌باشد [۳]. استانداردهای کیفیت هوا به وسیله سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده آمریکا به ۲ نوع استانداردهای اولیه و ثانویه بنا شده‌اند. طبق تعریف استانداردهای اولیه آن دسته استانداردهایی هستند که رعایت آنها برای حفظ سلامت عمومی جامعه (صرفنظر از مسائل اقتصادی و تکنولوژی) الزامی است. رعایت این گونه استانداردها برای حفظ سلامتی افراد حساس به ویژه سالمندان، بیماران تنفسی و کودکان امری بسیار ضروری است. استانداردهای ثانویه کیفیت هوا نسبت به استانداردهای اولیه دارای ابعاد وسیع‌تری هستند بطوری که دراین استانداردها حفاظت منابع و آسایش عمومی نیز مد نظر قرار گرفته است (حفاظت ساختمانها، محصولات، حیوانات ومنسوجات). گازهای CO، SO_2، NO_X و ذرات معلق از جمله آلاینده‌های خروجی از صنعت سیمان هستند که عوارضی مانند کاهش ظرفیت حمل اکسیژن خون در اثر ترکیب با هموگلوبین، حمله قلبی، تجزیه فیبرین [۴]، عملکرد نامناسب شش‌ها و کاهش عمق تنفس [۵] گرم شدن هوا، افزایش بیماری‌های قلبی – عروقی و تغییر ضریب تیرگی [۷و۶] را در پی خواهند داشت. Neghab و همکاران [۸] Mwaiselage و همکاران [۹]، AbuDhaise و همکاران [۱۰] در مطالعات خود نشان دادند که رابطه معنی داری بین مواجهه با گرد و غبار سیمان و بروز علائم تنفسی و کاهش ظرفیت ریوی وجود دارد.

استان کرمانشاه در غرب کشور یکی از تامین کنندگان اصلی سیمان مورد نیاز کشور به شمار می آید. کارخانه سیمان سامان غرب در فاصله ١٤ کیلومتری از مرکز استان با ظرفیت تولید سالانه دو میلیون و چهارصد هزار تن و قابلیت تولید چهار تیپ سیمان از آذرماه ١٣٨٦ فعالیت خود را آغاز نموده است. همگام با درآمد زایی این صنعت در استان، توجه به آلایندگی آن از نظر زیست محیطی نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. مضافاً محل استقرار این کارخانه علاوه بر نزدیکی به مرکز استان و در جهت بادهای غربی شرقی بودن استان در یک منطقه حاصلخیز، از نظر کشاورزی قرار گرفته است، که توجه به آن از نظر کنترل آلودگی حائز اهمیت است. لذا پایش دوره ای آلاینده‌های تولیدی این صنعت در جهت حفظ سلامت عمومی جامعه و محیط زیست اطراف امری ضروری می‌نماید. این مطالعه با هدف تعیین میزان آلاینده‌های هوای اطراف کارخانه سیمان سامان کرمانشاه و مقایسه غلظت این آلاینده‌ها با استانداردهای هوای آزاد و نیز تعیین شاخص کیفیت هوا (AQI) صورت گرفت.

مواد و روش‌ها:

در این مطالعه که به روش توصیفی – تحلیلی انجام گردید، سنجش کیفیت هوای اطراف کارخانه سیمان سامان و خروجی دودکش در بخش‌های مختلف خط تولید، در فصول مختلف سال ۱۳۹۱ مورد توجه قرار گرفت. در نمونه‌های محیط اطراف کارخانه سیمان آلاینده‌های ذرات معلق، مونواکسید کربن، دی اکسید نیتروژن و دی اکسید گوگرد مورد سنجش قرار گرفت. نمونه‌ها با استانداردهای ملی سازمان حفاظت محیط زیست جهت میزان ذرات معلق خروجی کارخانه سیمان بر اساس ماده ۱۵ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب ۱۳۷۴/۲/۳ مجلس شورای اسلامی مقایسه گردیده است.

نمونه برداری از گاز خروجی دودکش با استفاده از استاندارد

ASTMD5522-EPACTM-030 و ذرات معلق خروجی دودکش با استفاده از استاندارد ISO 9096 صورت گرفت.
جهت تعیین کیفیت هوای محیط مورد مطالعه، اطلاعات موجود که به صورت نمونه برداری مستمر در جهت کنترل، بهره برداری و نگهداری سیستم انجام می‌شد استفاده گردید. نتایج ثبت شده از نمونه برداری های مداوم مربوط به خروجی دودکش‌های چهار نقطه شامل: ضلع شمال غربی، شمال شرقی، جنوب شرقی و جنوب غربی کارخانه می‌باشد. روند پایش شامل قسمت‌های مختلف خط تولید اعم از سکوی کوره، الکتروفیلتر، سنگ شکن، پیش گرمکن و سیلوی مواد بوده که پارامترهای CO_2، CO، NO، NO_2، SO_2، PM_{10} (ذرات معلق ۱۰ میکرومتر و $PM_{2.5}$ (ذرات معلق ۲/۵ میکرمتر) اندازه گیری شده مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه در مجموع تعداد ۱۲۰ نمونه (در هر فصل ۳۰ نمونه) آزمایش شده است. ضمناً در شرایط بارندگی نیز نمونه برداری صورت نگرفته است.
ابزارهای مورد استفاده جهت سنجش گازهای خروجی از دودکش، از دستگاه Testo مدل XL350 ، ذرات غبار هوای اطراف از دستگاه فتومتر Dust Truk مدل Tsi و ذرات معلق خروجی دودکش از دستگاه فتومتر Westech استفاده گردید. لازم به ذکر است خدمات کالیبراسیون آنالایزرهای گاز و ذرات معلق توسط شرکت ارائه دهنده کالا (شرکت تجهیزات اندازه گیری بهروز) انجام گرفته است. مقادیر آلاینده های خروجی از دودکش با استاندارد مدیریت بهداشت، ایمنی، محیط زیست و کیفیت (ماده ۱۵ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب ۷۴/۲/۳) مقایسه شد. پارامترهای اندازه گیری شده در گازهای خروجی از دودکش به دو دسته تقسیم شدند: ۱- NOX، SO_2، CO، H_2S، O_2 که توسط سنسور سنجیده شدند. ۲- CO_2 که با کمک فرمول زیر که در برنامه دستگاه تعبیه شده بود محاسبه گردید.

$$CO_2 = O_2\ max \times [1\times (O_2/\ O_2\ max)]$$

جهت سنجش ذرات معلق خروجی از روش گراویمتریک استفاده شد. در این روش ابتدا پس از آماده سازی فیلتر با استفاده از آون و دسیکاتور نسبت به توزین فیلتر با ترازوی دیجیتال اقدام گردید. فیلتر با استفاده از بستر مخصوص به محل سنجش انتقال داده شد. ابتدا به وسیله دستگاه، سرعت هوای خروجی از دودکش محاسبه گردید. سپس با توجه به سرعت بدست آمده دودکش، قطر نازل و دبی پمپ نمونه بردار، بطور اتوماتیک مشخص و تنظیم گردید. فیلتر فایبرگلاس وزن شده (وزن اولیه) در بستر فیلتر قرار داده شده و در نقاط مختلف دودکش نمونه برداری در زمان مشخص گردید. بعد از انجام نمونه برداری فیلتر با حفظ شرایط به آزمایشگاه انتقال داده شد. و پس از رطوبت گیری فیلتر (در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد)، اختلاف وزن محاسبه گردید و میزان ذرات در واحد حجم محاسبه شد.
نمونه‌ها به طور تصادفی در هر هفته دو تا سه روز و در هر روز به فاصله هر ۴ ساعت ۶ نمونه اخذ گردید. و میانگین آنالیز آنها به عنوان نتیجه آن روز (۲۴ ساعت) مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه در مجموع تعداد ۱۲۰ نمونه (در هر ماه ۱۰ نمونه و در هر فصل ۳۰ نمونه) انجام شده است.
عمده شرایط هنگام نمونه برداری متمرکز بر روی سرعت باد و جهت وزش باد بوده است که سعی بر این شده در آرامترین شرایط از این نظر نمونه برداری گردد. ضمناً در شرایط بارندگی نیز نمونه برداری صورت نگرفته است. مدت زمان نمونه برداری در تمامی نمونه‌ها ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شد. و محل نمونه برداری به فاصله ۲d (قطر دودکش =d) از نوک دودکش بود [۱۱].
در نهایت پس از دسته بندی اطلاعات و با توجه به اهداف مطالعه، با استفاده از برنامه نرم افزاری EXCEL و SPSS و آزمون آماری آنالیز واریانس یک طرفه و T-Test اقدام به تجزیه و تحلیل داده ها گردید

یافته‌ها:

داده‌های مربوط به ذرات معلق با اندازه کوچکتر از ۱۰ میکرومتر و ۵ میکرومتر (PM_{10} و $PM_{2.5}$) ونیز شرایط جوی سنجیده شده از هوای اطراف کارخانه سیمان و نیز دودکشها در جداول ۱و۲ ارائه گردیده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد ذرات خروجی از دودکشهای مختلف کارخانه و فضای مجاور آنها در همه اوقات نمونه برداری پایین تر از استانداردهای ملی می‌باشد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که میزان ذرات معلق در فصل زمستان بالاتر از فصول دیگر سال می‌باشد در حالی که در فصل تابستان تنها در ضلع جنوب غربی شاهد افزایش ذرات معلق بوده‌ایم. در فصول مورد بررسی میزان $PM_{2.5}$ در مقایسه با PM_{10} در محیط اطراف کارخانه کمتر می‌باشد (جدول۳). اطلاعات موجود نشان می‌دهد که در میان گازهای آلاینده مورد مطالعه، گاز CO بیشترین میزان آلایندگی را دارد و گاز NO_2 مقادیر کمتری را نشان داد (جدول۴). مقادیر گاز SO_2 در حد صفر بود.

جدول۱- شرایط جوی محل نمونه برداری

محل نمونه برداری	سرعت و جهت وزش باد	پوشش زمین	PM_{10} (ave) (µg/m3)	$PM_{2.5}$(ave) (µg/m3)
ضلع شمال غربی	۳-۱ آرام شمال به جنوب	خاکی	۹۰ ± ۱۶/۳	۲۳ ± ۸/۷
ضلع شمال شرقی	۳-۱ آرام شمال به جنوب	آسفالت	۸۸/۵ ± ۱۵/۲	۳۱/۷۵ ±۳/۹
ضلع جنوب غربی	۳-۱ آرام شمال به جنوب	خاکی و سنگ ریزه	۷۲ ± ۱۲/۸	۲۷/۵±۹/۲
ضلع جنوب شرقی	۳-۱ آرام شمال به جنوب	آسفالت	۱۱۱±۱۸/۵	۲۶/۵±۹

جدول۲- اطلاعات مربوط به شرایط نمونه برداری ذرات معلق خروجی دودکش بخشهای مختلف

نام دودکش	قطر دودکش D(cm)	دمای گاز دودکش(^0C)	سرعت گاز خروجی دودکش در نقطه اندازه گیری (m/s)	فشار دودکش در نقطه اندازه گیری (kpa)	حجم‌مکش شده در شرایط استاندارد(m^3)	رطوبت(٪)	ذرات‌درحجم مرطوب(mg/m^3)	استاندارد (mg/m^3)
میانگین الکتروفیلترهای۱و۲	۸۰	۸۰ ± ۱۴	۱۳/۹ ± ۲/۴	۸۶/۰۴ ± ۱۶/۳	۰/۱۸ ± ۰/۰۵	۱/۲ ± ۰/۹۹	۶/۱ ± ۲/۲	۱۵۰
پیش گرمکن	۱۰۰	۹۳ ± ۱۷/۶	۲۱/۷ ± ۴/۸	۸۶/۴ ± ۱۶/۶	۰/۵۴ ± ۰/۱	۱۷/۵ ± ۵/۱	۴۱/۸ ± ۱۹/۸	۲۰۰
سنگ شکن	۸۰	۳۵/۶۴ ± ۸/۷	۲۸/۷۳ ± ۵/۳	۸۵/۴۹ ± ۱۶/۱	۰/۰۹۶۰	۲۸/۹ ± ۸/۲	۶۴/۸ ± ۲۸	۱۵۰
سیلوی مواد	۷۰	۳۹/۷ ± ۹	۱۰ ± ۲	۸۴/۱ ± ۱۵/۴	۰/۳۲ ± ۰/۰۸۷	۱۱/۲ ± ۳/۲	۷۰ ± ۳۰/۲	۲۰۰
سکوی کوره	۷۵	۵۳/۳ ± ۱۰/۵	۱۳/۴	۸۴/۳۱ ± ۱۶/۳۵	۰/۲۲ ± ۰/۰۷۵	۱/۲ ± ۰/۹۹	۶/۱ ± ۲/۲	۱۵۰

جدول ۳- میانگین میزان $PM_{2.5}$ و PM_{10} در محیط اطراف کارخانه در سال ۱۳۹۱

محل نمونه برداری	پارامتر							
	PM_{10} (µg/m3)				$PM_{2.5}$ (µg/m3)			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
ضلع شمال غربی	۸۰ ± ۱۵	۱۱۲ ± ۱۸/۸	۱۴۰ ± ۲۲/۳	۲۸ ± ۴/۲	۸ ± ۰/۹۸	۱۱ ± ۱/۲	۹ ± ۰/۹۹	۱۱/۵ ± ۱۱/۵
ضلع شمال شرقی	۴۵ ± /۶/۷	۱۱۵ ± ۱۹/۲	۱۲۵ ± ۲۰	۶۹ ± ۱۲/۳	۲۶ ± ۳/۹	۱۴ ± ۱/۸	۱۳ ± ۱/۷	۷۴ ± ۱۳/۸
ضلع جنوب غربی	۳۰ ± ۴/۶	۱۲۷ ± ۲۰/۲	۸۶ ± ۱۵/۸	۴۵ ± ۶/۵	۱۴ ± ۱/۸	۱۰ ± ۱	۱۳ ± ۱/۷	۷۲ ± ۱۳/۷
ضلع جنوب شرقی	۶۰ ± ۱۰/۱	۱۶۷ ± ۲۵/۴	۸۷ ± ۱۵/۹	۱۲۷ ± ۲۰/۶	۱۰ ± ۱/۱	۲۰ ± ۲/۸	۷ ± ۰/۹۷	۶۹ ± ۱۲/۲
مقدار مجاز استاندارد خروجی دودکش	۱۵۰				۲۰۰			

جدول۴- میانگین میزان CO و NO_2 در محیط اطراف کارخانه در سال ۱۳۹۱

محل نمونه برداری	پارامتر							
	CO(ppm)				NO_2(ppm)			
	بهار	تابستان	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
ضلع شمال غربی	۱/۳ ± ۰/۶	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۹	۲/۲ ± ۰/۸۷	۰/۱ ± ۰۴	۰/۰۳ ± ۰/۰۱	۰/۰۵ ± ۰/۰۱۲	۰/۰۶ ± ۰/۰۱۲	۰/۰۴ ± ۰/۰۱۱
ضلع شمال شرقی	۲/۵ ± ۰/۹	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۹	۱/۶ ± ۰/۶۵	۱/۹ ± ۰/۶۶	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۹	۰/۰۴ ± ۰/۰۱۱	۰/۰۶ ± ۰/۰۱۲	۰/۰۵ ± ۰/۰۱۲
ضلع جنوب غربی	۲/۴ ± ۰/۸۸	۰/۰۳ ± ۰/۰۱	۲/۳ ± ۰/۸۸	۱/۶ ± ۰/۵۶	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۹	۰/۰۳ ± ۰/۰۱	۰/۰۵ ± ۰/۰۱۲	۰/۰۷ ± ۰/۰۱۵
ضلع جنوب شرقی	۱/۸ ± ۰/۶۴	۰/۰۵ ± ۰/۰۱۲	۲/۲ ± ۰/۸۸	۳/۵ ± ۱/۱	۰/۰۱ ± ۰/۰۰۹	۰/۰۲ ± ۰/۰۰۹۹	۰/۰۳ ± ۰/۰۱	۰/۰۴ ± ۰/۰۱۱
مقدار مجاز استاندارد خروجی دودکش	۰				۰			

بر اساس آزمون آماری ANOVA تفاوت میزان PM2.5 و CO و PM10 در فصول مختلف در محیط اطراف کارخانه معنادار است ($P<0.05$) . همچنین بر اساس آزمون تعقیبی Tukey مشخص شد که میانگین اختلاف مقدار CO در تابستان با بهار، پاییز و زمستان معنادار است. بر اساس آزمون تعقیبی T3 Dunnett مشخص شد میانگین $PM_{2.5}$ در زمستان بطور معناداری بیشتر از بقیه فصول است.

نتایج بررسی میزان گازهای آلاینده در دودکشهای خروجی خطوط الکتروفیلتر و پیش گرمکن در جدول ۵ ارائه شده است. مطابق جدول، بیشترین میزان آلایندگی در دودکش خروجی الکتروفیلتر دیده شده به گونه‌ای که گاز CO بیشترین سهم آلودگی را به خود اختصاص داده است.

در فصل بهار در دودکش خروجی واحد الکتروفیلتر تنها شاهد آلایندگی گازهای NO_2 و SO_2 بوده ایم و آلودگی دیگری مشاهده نگردید.

آلودگی گاز H_2S تنها در دودکش خروجی واحد پیش گرمکن و در فصل بهار وجود داشته و در سایر فصول و واحدها آلودگی به این گاز سمی دیده نشده است. گاز NO در بین سایر گازهای مورد مطالعه از بیشترین غلظت آلودگی برخوردار بوده و در زمستان این آلودگی مشهودتر می‌باشد. به طور کلی غلظت NO، NO_2 و NO_X در واحد پیش گرمکن بسیار بیشتر از واحد الکتروفیلتر می‌باشد.

در جدول ۶ همچنین مقایسه‌ای بین مقادیر آلودگی با میزان مجاز استاندارد صورت گرفته است. بیشترین میزان آلایندگی در دودکشهای خروجی الکتروفیلتر و پیش گرمکن در فصل زمستان و پاییز بوده است.

در مطالعه ذرات معلق بزرگتر از ۱۰ میکرون در خطوط مختلف تولید، واحد الکتروفیلتر آلاینده ترین واحد شناسایی شده و فصل زمستان آلوده ترین فصل سال تشخیص داده شده است. در فصل پاییز و زمستان کمترین آلودگی به PM_{10} در دودکش خروجی واحد سکوی کوره دیده شد. دودکشهای خروجی سنگ شکن در بهار و سکوی کوره در پاییز از حداقل میزان آلودگی برخوردار بودند.

بر اساس آزمون آماری ANOVA میزان تفاوت O_2 و CO_2 و NO_2 و CO و NO و NO_X و SO_2 و H_2S خروجی از دودکشها در فصول مختلف معنادار نبود ($P>0.05$) و نیز آزمون Independent - samples T -Test اختلاف میانگین میزان O_2 و CO_2 در دو واحد الکتروفیلتر و پیش گرمکن را معنادار نشان نمی دهد ($P>0.05$) .

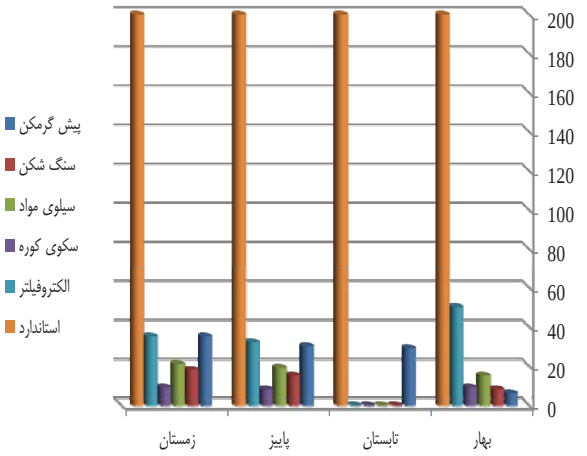
اختلاف میانگین NO_2 و CO و NO و NO_X و SO_2 و H_2S در واحد الکتروفیلتر و پیش گرمکن نیز معنادار نیست ($P>0.05$). بر اساس آزمون one sample t -test اختلاف میزان سایر پارامترها به جز H_2S با مقادیر استاندارد معنادار است ($P<0.05$).

نمودار۱ نیز بیانگر مقایسه ی بین میزان مواد معلق خروجی از دودکش‌ها در قسمت‌های مختلف خطوط تولید با استاندارد می باشد.

جدول ۵ – میزان گازهای خروجی از دودکش‌های الکتروفیلتر و پیش گرمکن در فصول مختلف سال ۱۳۹۱

فصل	واحد آلاینده	پارامتر							
		O_2 (%)	CO_2 (%)	CO (ppm)	NO_2 (ppm)	NO (ppm)	NO_X (ppm)	SO_2 (ppm)	H_2S (ppm)
بهار	الکتروفیلتر	۲۰/۸۸	Nd	Nd	۰/۲	Nd	Nd	۱	Nd
	پیش گرمکن	۱۸/۵۵	۱/۳۳	۱۳۲	۰/۵	۹	۱۰	٤	۲٤۰
تابستان	الکتروفیلتر	۲۰/٤۸	Nd	۱	۰/۵	۱۰	۱۰	۱	Nd
	پیش گرمکن	۸/۱٤	۷/۲۱	۱۰٤	۲	۲۵۷	۲٦۰	Nd	Nd
پاییز	الکتروفیلتر	۲۱/۵	Nd	۷٦	Nd	۱۵۰	۱۵۳	٤	Nd
	پیش گرمکن	۱۲/۱	۵/٤۵	۹۵	٤	٤۳۵	٤۳٦	Nd	Nd
زمستان	الکتروفیلتر	۱۹/۱٤	۲/۱٦	۱۱۲	٤	٤٤۱	٤٤۵	٦	Nd
	پیش گرمکن	۱۳/۲۸	٤/٤۲	۷۵	٤/٤	٤۵۳	٤۵۸	۹	Nd
میزان مجازاستاندارد		۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

Nd: None detectable



نمودار شماره ۱- فراوانی ذرات معلق در خروجی دودکش قسمت‌های مختلف خط تولید کارخانه در سال ۱۳۹۱

بحث و نتیجه گیری:

نتایج مطالعه نشان می‌دهد فناوری کنترل آلاینده‌های خروجی کارخانه سیمان سامان جهت کنترل گرد و غبار از کارایی نسبتا مطلوبی برخوردار است. زیرا نتایج داده‌های آنالیز شده تقارب و تجانس مقبولی با استاندارد های ملی سازمان حفاظت محیط زیست جهت میزان ذرات معلق خروجی کارخانه سیمان بر اساس ماده ۱۵ قانون نحوه جلوگیری از آلودگی هوا مصوب ۱۳۷۴/۲/۳ مجلس شورای اسلامی دارد [۱۲]. میزان حد مجاز انتشار ذرات معلق در ارتباط با مسائل زیست محیطی خروجی دودکش کارخانه سیمان در استاندارد ثانویه برابر ۱۵۰ میکروگرم بر متر مکعب می باشد که بر اساس نتایج حاصل از مطالعه در هیچ یک از ایستگاه های مورد نظر میزان آلودگی بالاتر از حد مجاز استاندارد نمی باشد. رسوب دهنده های الکترواستاتیک (الکتروفیلترها) در قسمتهای متفاوت کارخانه سیمان مورد استفاده قرار می گیرد.

میانگین ذرات معلق خروجی در سال ۱۳۹۱، ۶۸/۶ میکروگرم بر مترمکعب بدست آمد که این میزان پایین تر از مقادیر بدست آمده در پژوهش علیزاده و همکاران در سال ۱۳۸۸ با میانگین ۳۸۰ میکروگرم بر مترمکعب در کارخانه سیمان کرمان [۱۳] و اکبری و همکاران در سال ۹۱ با میانگین ۱۵۲ میکروگرم بر مترمکعب در کارخانه سیمان بهبهان می باشد [۱۴].

در مطالعه ای که توسط بداق پور و جدیدی در سال ۱۳۸۸ تحت عنوان بررسی آلاینده های تولیدی صنایع سیمان اطراف تهران و روشهای کنترل آلودگی انجام شده است میزان غبار تولیدی از صنایع سیمان اطراف شهر تهران را پایین تر از حد مجاز استاندارد معرفی نموده است. ولی میزان گازهای آلاینده را به مقدار جزئی بالاتر از استاندارد اعلام نموده است [۱]. مطالعه حاضر با این مطالعه همخوانی دارد. در مطالعه حضرتی در سال ۱۳۸۸ در خصوص بررسی غلظت گرد وغبار در کارخانه سیمان اردبیل صورت گرفته، متوسط غلظت گرد و غبار قابل استنشاق و قابل تنفس برای نمونه‌های فردی به ترتیب معادل ۱۳ و ۵۸ میلی گرم بر متر مکعب و برای نمونه‌های محیطی به ترتیب معادل ۲۷ و ۱۵۴ میلی گرم بر متر مکعب برآورد گردید. بطور متوسط غلظت گرد و غبار در ۹۰٪ نمونه‌های محیطی و بیش از ۸۰ ٪ نمونه‌های فردی، بیشتر از مقادیر استاندارد ایران می‌باشد. [۱۵]. در صورتی که میزان آلایندگی خروجی دودکش کارخانه سیمان سامان از این نظر پسیار پایین تر می‌باشد.

میانگین غلظت آلاینده‌های گازی دی اکسید گوگرد و دی اکسید نیتروژن بسیار ناچیز بوده لکن میزان آلاینده خروجی مونواکسید نیتروژن در اکثر مواقع بالاتر از حد مجاز استاندارد بدست آمد. که با پژوهش آلبان و کودیس در سال ۲۰۱۱ در خصوص دی اکسید گوگرد ۰/۰۰۵ ppm و دی اکسید نیتروژن ۰/۰۰۸ ppm همخوانی دارد [۱۶]. میانگین غلظت گاز مونواکسید کربن ۷۴ ppm بدست آمد که بالاتر از مقدار بدست آمده در نتایج زیموارا و همکاران در سال ۲۰۱۲ با میانگین ۰/۰۸ ppm می باشد [۱۷].

طی مطالعه نور و همکاران در مالزی، میزان گرد و غبار خروجی از کارخانه سیمان بیش از استانداردهای پذیرفته شده می‌باشد [۱۸]. در مطالعه ی دیگری توسط معطر در سال ۱۳۸۳ تحت عنوان بررسی اثرات زیست محیطی کارخانه سیمان ایلام از دیدگاه آلودگی هوا اشاره نموده است که میزان مقادیر منتشر شده آلاینده‌ها از دودکش خروجی کارخانه سیمان ایلام پایینتر از حد استاندارد EPA می‌باشد [۱۹]. دارایی با مطالعه‌ای که در خصوص وضعیت پایش، نگهداری و مشکلات رسوب دهنده‌های الکتروستاتیک در برخی کارخانجات سیمان ایران انجام داده است، گازهای CO، NO_X و SO_X در خروجی دودکش‌های واحدهای تولیدی را از گازهای آلاینده هوای اطراف کارخانه سیمان معرفی نموده است [۲۰]. نتایج این مطالعه با نتایج مطالعات ذکر شده توافق دارد.

برخی ذرات معلق ممکن است حاوی مولکول‌های گازی محرک و سوزش آور باشند که در صورت استنشاق می‌توانند مستقیما روی بدن اثر سوء بگذارند. قابل ذکر است که چنین ذراتی به ندرت در غلظت‌های بالا یافت می‌شوند. نگرانی عمده

به افزایش این ذرات بیش از حد طبیعی در محیط می‌باشد. ذرات معلق اثرات سوء بر سلامت انسان، مواد، گیاهان و ابنیه می‌گذارند. شدت اثر ذرات معلق بر سلامت انسان به قدرت نفوذ ذرات معلق به داخل دستگاه تنفسی و درجه سمیت آنها بستگی دارد.

مطالعات نشان داده‌اند که سازه‌های بزرگ همواره مشکلات مهم تری را سبب می‌شوند و از این رو باید بیشتر مورد توجه قرار گیرند. با عنایت به موارد فوق الذکر و با توجه به اثرات سوء ذرات معلق و گازهای سمی بر سلامت جامعه و بالاخص کارکنان واحدهای تولیدی فوق الذکر، تلاش در جهت شناسایی منابع آلاینده و کنترل و پایش مستمر آنها جهت پیشگیری از وقوع آلودگی و اثرات زیان بار آلاینده‌ها بر سلامت عموم، امری حیاتی می‌نماید. به نظر می‌رسد کارخانه مورد مطالعه از وضعیت نسبتا مطلوبی برخوردار است. الگو پذیری از آن برای صنایع مشابه و تقویت مدیریت ارتقاء کیفیت این صنعت امری موکد به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر و تقدیر خود را از مدیریت کارخانه سیمان سامان کرمانشاه به خاطر همکاری در اجرای این تحقیق و هماهنگی در راستای استفاده از منابع اطلاعاتی ابراز نمایند.

REFERENCES

1. Boudaghpour S, Jadidi A. Investigation of the effect of outlet pollutants of cement production industries around Tehran and approaches to control and eliminate pollutants, Intl J Phy Sci 2009; 4(9): 486-495(in Persian).

2. Chehregani H. Environmental engineering in cement industry, Tehran, Hazegh Publications 2004; 135-278. (in Persian).

3. Ryahi Samani M. Investigation of application precipitations in treatment output gas in cement factories, American Journal of Environmental Sciences 2007; 3 (3): 166-174. (in Persian).

4. Ghiasedin M. Sanitary affects air pollution, air and sound pollution in law Iran. Tehran, Studies& schematization Center Publications 2008; 58-62. (in Persian).

5. Naddafi K, Heydari M, Hasanvand M.S, Qaderpour M. A comparative study of Tehran air quality in 2006 to 2007. 11th Hamayeshe mohite behdashte (Zahedan) 2008;46-47. (in Persian).

6. Gurjar BR, Butler TM, Lawrence MG, Lelieveld J. Evaluation of emissions and air quality in megacities. Atmospheric Environment 2008; 42(7); P:1593–1606.

7. Atkinson RW, Anderson HR, Strachan DP, Bland JM, Bremmer SA, Ponce de Leon A. Short-term associations between outdoor air pollution and visits to accident and emergency departments in London for respiratory complaints. Eur Respir J 1999;13: 257-265.

8. Neghab M, Choobineh A. Work-related respiratory symptoms and ventilatory disorders among employees of a cement industry in Shiraz, Iran. J Occupy Health 2007; 49(4):273-8.

9. Mwaiselage J, Bratveit M, Moen B, Mashalla Y. Cement dust exposure and ventilatory function impairment: an exposure-response study. J Occupy Environ Med 2004; 46(7):658-67.

10. AbuDhaise BA, Rabi AZ, al Zwairy MA, el Hader AF, el Qaderi S. Pulmonary manifestations in cement workers in Jordan. Int J Occup Med Environ Health 1997; 10(4):417-28.

11. Gokhale Sh. Air Pollution Sampling and Analysis. Department of Civil Engineering Indian Institute of Technology Guwahati – 781039, Assam, India 2009. P: 16-26.
12. Hashemi MN, Karimi A, Karimi M, Environmental effects of dust particles suspended in the air. 14th Conference Geophysics, Iran – Tehran 2010; 221-224. (in Persian).
13. Alizadehdakhel A, Ghavidel A, Panahandeh M. CFD Modeling of Particulate Matter Dispersion from Kerman Cement Plant. Iran. J. Health & Environ 2010; 3(1):67-74. (in Persian).
14. Akbari A, Borhan diani S, an Evaluation of pollutant gases outlet cement factory behbahan And compared with the standard. 1th National Conference on Planning and Environmental Hamadan - Islamic Azad University 2011 Mar:1-8. (in Persian).
15. Hazrati S,rezazadeh azari m, sadeghi h, Evaluation of Cement dust in workplace air Ardabil, Journal Ardabil University of Medical Sciences 2009; 9(4): 292-298. (in Persian).
16. Abu-Allaban M, Abu-Qudais H, Impact Assessment of Ambient Air Quality by Cement Industry: A Case Study in Jordan« , Aerosol and Air Quality Research 2011 ; 11: 802–810.
17. Zimwara DL, Mugwagwa L, Chikowore TR, Air Pollution Control Techniques For The Cement Manufacturing Industry: A Case Study For ZIMBABWE, CIE42 Proceedings, 16-18 July 2012;1-13.
18. Noor H, Yap CL. Effect of exposure to dust on lung function of Cement factory workers.
Med j Malaysia 2000; 55(1); 51-7.
19. Moatar F. The effects of environmental pollution from the perspective of Ilam cement. Environmental Engineering Master's thesis 2004;3-30(in Persian).
20. Daraie H, Motasadi Zarandi S, Piraste MH. Study of monitoring, maintenance, and problems of electrostatic precipitators in some cement plants in Iran. Knowledge Horizons, Journal of the Medical and Health Sciences University Gonabad 2011;3(17); P: 66-74. (in Persian).