

## بررسی ارتباط میان انتشار دی اکسید گوگرد و میست اسید سولفوریک با میزان مواجهه فردی کارکنان یکی از واحدهای مجتمع پتروشیمی

رسول یار احمدی<sup>۱</sup>، سید باقر مرتضوی<sup>۲</sup>، حسن اصیلان<sup>۳</sup>، علی خوانین<sup>۴</sup>، پروین مریدی<sup>۵</sup>

### چکیده

**زمینه و هدف:** گوگرد از جمله مواد شیمیایی پرمصرف در صنایع شیمیایی، صنایع تولید مواد شوینده، کاغذسازی و صنایع تولید اسید می باشد. نتایج مطالعات نشان میدهد که عمده منابع انتشار آلودگی مربوط به اکسیدهای گوگرد در، پروسه های تولید و خروجی دودکشها میباشد. تماس با اکسیدهای گوگرد به صورت اختلال در متابولیسم پروتئینها، هیدروکربنها، ویتامینهای محلول B, C، آمفیزم، برونشیت و اثر بر گیاهان به صورت زرد شدن برگ درختان و اختلال در کلروفیل سازی گیاهان اثبات شده است. هدف از این تحقیق تعیین ارتباط غلظت اکسیدهای گوگرد و میست اسید سولفوریک در منبع آلودگی با متوسط غلظت محدوده تنفسی پرسنل در معرض آلودگی میباشد.

**روش بررسی:** منظور سنجش و اندازه گیری اکسیدهای گوگرد و میستهای اسید سولفوریک در ناحیه تنفسی پرسنل از روشهای استاندارد شغلی مربوط به انستیتو ملی ایمنی و بهداشت، و برای سنجش و ارزشیابی آلودگی های منتشره فوق از منابع انتشار از روش استاندارد اتحادیه تست مواد آمریکا در این مجتمع استفاده شده است. در این مطالعه از کارگران در معرض تماس با آلودگی در دو طبقه اول و دوم با کمک تجهیزات نمونه برداری، تعداد ۳۲ نمونه از ناحیه تنفسی کارگران و ۹ نمونه از منابع انتشار سطحی آلودگی جمع آوری و آنالیز شده است. این مطالعه در دو طبقه واحد تولید کودهای سولفات و در دو شیفت کاری صبح و عصر در مجتمع پتروشیمی مذکور انجام شده است.

**یافته ها:** نتایج حاصل از مطالعه نشان میدهد که میانگین تراکم گاز دی اکسید گوگرد واحد تولید کودهای سولفات در طی شیفتهای صبح ۵/۰ ppm و شیفتهای عصر، میباشد همچنین نتایج ارزیابی تراکم میستهای اسید سولفوریک در ناحیه تنفسی کارگران در معرض تماس همان واحد در طی شیفتهای صبح ۵/۰ mg/m<sup>۳</sup> و در شیفتهای عصر ۱/۴۱ mg/m<sup>۳</sup> (REL<sub>TWA</sub>=1 mg/m<sup>۳</sup>) را نشان می دهد. نتایج تحقیق نشان میدهد که متوسط غلظت آلودگی میست اسید سولفوریک در طبقه همکف (شیفت عصر) با حداکثر میزان (۱/۴۷ mg/m<sup>۳</sup>) و حداقل مقدار تراکم آلودگیها میست اسید سولفوریک مربوط به همان طبقه (شیفت صبح) بمیزان (۰/۳۶ mg/m<sup>۳</sup>) میباشد.

همچنین بین غلظت منتشره میست اسید سولفوریک و اکسید گوگرد از منبع با میزان مواجهه شغلی پرسنل در معرض ارتباط معنی داری (pvalue=۰/۳۷) و (pvalue=۰/۴۱) بترتیب مشاهده نشد.

**نتیجه گیری:** مقایسه و تطبیق نتایج حاصل از انتشار آلاینده های اکسید گوگرد و میست اسید سولفوریک در محدوده تنفسی نشان میدهد که تراکم متوسط هر دو آلاینده در طبقه همکف بیش از طبقه اول میباشد. همچنین نتایج بررسی نرخ آلودگی از منبع انتشار و غلظت در ناحیه تنفسی پرسنل در دو آلاینده میست اسید سولفوریک و دی اکسید گوگرد بترتیب با  $p > ۰/۳۷$  و  $p > ۰/۴۱$  ارتباط معنی داری نشان نمی دهند.

**کلیدواژه ها:** اکسیدهای گوگرد، میست اسید سولفوریک تماس شغلی، منبع انتشار.

۱- (نویسنده مسئول)، دانشجوی مقطع PhD، گروه بهداشت حرفه ای، دانشگاه تربیت مدرس (email: Rasoulpach@yahoo.com)

۲- دانشیار گروه بهداشت حرفه ای، دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار گروه بهداشت حرفه ای، دانشگاه تربیت مدرس

۴- استادیار گروه بهداشت حرفه ای، دانشگاه تربیت مدرس

۵- کاشناس ارشد محیط زیست مرکز پژوهشی جهاد دانشگاهی ایران

تطبیقی اکسیدهای گوگرد محیط کار و ارائه روشهای کنترلی در این مجتمع می باشد .

در طی این بررسی، موضوعات زیر مطالعه و پیگیری شده است .

- تعیین میانگین تراکم اکسیدهای گوگرد و میستهای اسیدسولفوریک در منابع انتشار آلودگی .
- تعیین میانگین تراکم اکسیدهای گوگرد و میستهای اسیدسولفوریک در ناحیه تنفسی کارگران .
- بررسی و مقایسه تراکم اکسیدهای گوگرد و میستهای اسیدسولفوریک بین منابع انتشار و ناحیه تنفسی پرسنل در معرض .

### روش بررسی

**الف) روش و مواد اندازه گیری اکسیدهای گوگرد و میستهای، اسیدسولفوریک از منابع انتشار آلودگی:** بر اساس استاندارد ملی اتحادیه تست مواد امریکا میباشد، سیستم نمونه برداری شامل پمپ نمونه برداری ولوله های گازیاب می باشد (۳، ۶، ۷) .

عمده منابع انتشار آلودگی ( $SO_x$ ) شامل  $V_{314}$ ، تسمه نقاله، تانک کریستالیزاسیون در واحد ۳۰۰ بودند که مطابق دستورالعمل روش استاندارد تعداد ۹ نمونه در فواصل معین (۳۰-۲۰ سانتی متر) جمع آوری و سپس میانگین تراکم آلودگی بعنوان شاخص آلاینده در هر منبع گزارش شده است .

**ب) روش و مواد اندازه گیری دی اکسید گوگرد و میستهای اسیدسولفوریک در ناحیه تنفسی کارگران:** به منظور تعیین غلظت دی اکسید گوگرد و میستهای اسیدسولفوریک در ناحیه تنفسی کارگران نمونه های فردی (تعداد کارگر در هر شیفت ۶ نفر که ۴ نفر از آنها مورد پایش قرار گرفت) جمع آوری شده برای هر طبقه و هر شیفت که دو نفر مستقر و فعالیت میکردند ۱۶ نمونه که در مجموع ۶۴ نمونه در این مرحله جمع آوری و مطابق با دستورالعمل های استاندارد ملی ایمنی و بهداشت آمریکا آنالیز شده است . (۷) سیستم نمونه برداری شامل پمپ نمونه بردار فردی، میجت ایمپینجر حاوی ۱۵ ml آب اکسیژنه ۰/۳ N و فیلتر استرسلولزی که مجموعاً به منطقه تنفسی کارگر وصل شده و دهانه فیلتر در ناحیه تنفسی کارگر (۱۰-۱۷ اینچی بینی) قرار می گیرد . این نمونه ها طی شیفت های صبح و عصر و در طبقات اول و همکف واحد ۳۰۰، جمع آوری، آنالیز و سپس میانگین وزنی زمانی (TWA) هر شیفت به عنوان شاخص میزان

### مقدمه

هوا اصلی ترین عنصر برای حیات آدمی است . بدون وجود آن انسان چند دقیقه زنده نمی ماند . مهمترین مشخصه هوای تنفسی، پاکیزه بودن و بی بو بودن آن است . حال اگر این ماده حیاتی (هوا) آلوده به مواد شیمیایی و مسموم کننده نیز گردد باز انسان ناگزیر است که برای ادامه حیات خود در دقیقه ۲۰-۱۲ مرتبه مواد خطرناک را به همراه هوا به درون ریه های خود بفرستد و از این طریق در معرض اثرات نامطلوب و گاه مهلک آن قرار گیرد . دی اکسید گوگرد و میستهای اسیدسولفوریک از جمله آلوده کننده های محیط کار و محیط زیست بویژه در صنایع شیمیایی و پتروشیمی هستند . یکی از تولیدات مهم در صنایع پتروشیمی کود شیمیایی با پایه سولفات می باشد . کودهای سولفات آمونیم توسط راکتورهای شیمیایی از مواد خام اولیه اسیدسولفوریک و آمونیاک در شرایط اتمسفریک تولید میشود . به دلایل فنی و اجرایی مختلف، از جمله ماهیت پروسه، عملیات نمونه گیری در طول شیفت کاری و حتی رفتارهای غیر ماهرانه کارگران در واحد مذکور، میستهای اسیدی و اکسیدهای گوگرد به همراه محصولات جنبی مانند سولفاتهای هوا برد وارد محیط کار شده و پتانسیل مواجهه شغلی را برای پرسنل فراهم میکنند، پخش و انتشار اکسیدهای گوگرد  $SO_2$ ،  $SO_3$  و ترکیبات حاصله یکی از معضلات شغلی و زیست محیطی این مجتمع پتروشیمی بوده، این موضوع سبب آسیبهای جبران ناپذیر به منابع انسانی و ملی شده است . لذا شناسایی و تعیین تراکم اکسیدهای گوگرد، میستهای اسیدسولفوریک در صنعت مذکور مهمترین فاکتورهای مورد پژوهش می باشند (۱، ۲، ۳) .

مطالعات شغلی نشان میدهد که اثرات مخرب سولفاتهای اسیدی در مقایسه با اکسیدهای گوگرد روی افراد در معرض دارای پیامدهای بیشتری میباشد . در دو دهه گذشته مطالعات سم شناسی زیادی بشکل آزمایشگاهی انجام شده است (۴، ۵) . بر این اساس شناسایی و ارتباط پتانسیلهای شیمیایی بویژه اکسیدهای گوگرد و میستهای اسیدسولفوریک بعنوان یک اقدام پایش شغلی و بمنظور تاکید و تایید اقدامات کنترلی هدف این تحقیق قرار گرفت .

بطور کلی هدف از این پژوهش بررسی و مطالعه

شیفتهای صبح و عصر واحد ۳۰۰ در جداول شماره یک آمده است. چنانچه ملاحظه میشود بیشترین مقدار آلودگی مربوط به طبقه همکف (شیفت عصر) و کمترین مقدار آلودگی مربوط به طبقه اول (شیفت عصر) میباشد.

نتایج میانگین تماس فردی ۸ ساعته (۸) میستهای اسید سولفوریک در شیفتهای صبح و عصر واحد ۳۰۰ در جداول شماره دو آمده است. چنانچه ملاحظه میشود بیشترین مقدار آلودگی مربوط به طبقه همکف (شیفت عصر) و کمترین مقدار آلودگی مربوط به همان طبقه (شیفت صبح) میباشد.

نتایج میانگین و میستهای H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> در منابع تولید و انتشار در شیفتهای صبح و عصر واحد ۳۰۰ مجتمع پتروشیمی در جدول شماره ۳ آمده است. چنانچه ملاحظه میشود بیشترین مقدار آلودگی مربوط به منبع ۷۳۱۴ در طبقه همکف از واحد ۳۰۰ و کمترین مقدار آلودگی در تانک کریستالیزاسیون واقع در طبقه اول همان واحد میباشد.

نتایج تطبیقی غلظت گازهای و میستهای اسید سولفوریک در منابع انتشار آلودگی و ناحیه تنفسی واحد ۳۰۰ مجتمع پتروشیمی در جدول ۴ آمده است همانطوری که ملاحظه می شود بین انتشار آلودگی SO<sub>2</sub> در منبع با ناحیه تنفسی رابطه معنی داری وجود ندارد که این میزان با Pvalue=۰/۳۷ تأیید شده است. تحلیل رگرسیون پراکنش آلودگی H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> که به منظور بررسی ارتباط پراکنش از منبع و تماس در ناحیه تنفسی رابطه معنی دار مشاهده نشد همانطوری که در سطح معنی دار Pvalue = ۰/۴۱ این ارتباط با سطح معنی دار ۰/۰۵ رد شده است.

مواجهه شخص در آن شیفت اعلام شده است.

با عبور نمونه هوا از روی محلول آب اکسیژنه ۰/۳N (محلول جاذب)، گاز دی اکسید گوگرد موجود در هوا به اسید سولفوریک تبدیل شده سپس با کمک محلول پرکلرات باریوم ۰/۰۵M در حضور معرف تورین توسط تکنیک تیتراسیون تعیین مقدار شده است. نقطه پایانی واکنش زمانی است که محلول تیتراشونده از رنگ زرد به سمت صورتی تغییر رنگ بدهد. این روش به ۰/۳۸ppm از گاز SO<sub>2</sub> حساس می باشد.

در سیستم نمونه برداری از میستهای اسید سولفوریک بجای میجت ایمپینجر حاوی محلول آب اکسیژنه از فیلتر استرسلولز ۳۷ mm با پورسایز ۰/۸ μm استفاده شده است. روش میکرو تیتراسیون میستهای اسید سولفوریک در غلظت ۱ mg/m<sup>3</sup> با کمک معرف تورین به روش رنگ سنجی دارای سطح اطمینان ۹۰٪ می باشد (۶، ۷، ۸، ۹).

در پایان مراحل نمونه برداری و آنالیز اطلاعات و داده ها پس از جمع آوری و دسته بندی توسط نرم افزار spss version 11 تجزیه و تحلیل گردیده است. در عملیات این تحقیق از آزمونهای آماری T-test و Correlation استفاده شده است نمودارها بوسیله نرم افزار Excel و Harvard graphic رسم گردیده است.

## یافته ها

نتایج حاصل از سنجش گاز دی اکسید گوگرد و میستهای اسید سولفوریک در منابع انتشار آلودگی و منطقه تنفسی کارگران طبقات همکف و اول، به همراه سایر مشخصات آنالیز آماری در جداول نتایج (۱، ۲، ۳، ۴) آمده است.

نتایج میانگین تماس فردی ۸ ساعته گاز SO<sub>2</sub> در

ملاحظات	P-value	طبقه اول	طبقه همکف	قسمت کاری
تعداد نمونه SD-TWA شیفت کاری	تعداد نمونه	میانگین غلظت (mg/m <sup>3</sup> )	میانگین غلظت (mg/m <sup>3</sup> )	تعداد نمونه
در هر شیفت کاری و در هر طبقه ۳ نفر حضور داشتند که در	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱۹	۸
تمام شیفت دو نفر مورد اندازه گیری و ارزیابی دقیق قرار گرفتند	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۱۴	۸
	---	---	۰/۰۰۱	---
				P-value

جدول ۱- میانگین تماس فردی ۸ ساعته یا (TWA) گاز SO<sub>2</sub> بر حسب PPM در طبقات مختلف واحد ۳۰۰ در شیفتهای صبح و عصر مجتمع پتروشیمی

قسمت کاری	طبقه همکف	طبقه اول	P-value	ملاحظات
تعداد نمونه--SD TWA	میانگین غلظت (mg/m <sup>3</sup> )	تعداد نمونه میانگین غلظت (mg/m <sup>3</sup> )	انحراف معیار	در هر شیفت کاری و در هر طبقه ۳ نفر حضور داشتند که در تمام شیفت دو نفر مورد اندازه گیری و ارزیابی دقیق قرار گرفتند
صبح	۰/۳۶	۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
عصر	۱/۴۷	۸	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱
P-value	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۱	---	---

جدول ۲- میانگین تماس فردی ۸ ساعته یا (TWA<sub>8</sub>) میست اسید سولفوریک بر حسب mg/m<sup>3</sup> در طبقات مختلف واحد ۳۰۰ در شیفت‌های صبح و عصر مجتمع پتروشیمی

## بحث

تغییرات کمی- کیفی در منابع انتشار آلودگی و چگونگی فرایند می‌باشد. همچنین تفاوت آلودگی بین شیفت‌ها را می‌توان به نوسانات مدت زمان مواجهه و شرایط جوی طی دو شیفت کاری نسبت داد

متوسط تراکم میست‌های اسید سولفوریک در ناحیه تنفسی کارگران بین طبقات همکف و اول طی شیفت‌های صبح و عصر تفاوت معنی دار نشان می‌دهد حداکثر آلودگی میست‌های اسید سولفوریک در طبقه همکف طی شیفت عصر و حداقل آلودگی در طبقه همکف شیفت صبح می‌باشد عمدتاً تفاوت تراکم آلودگی بین طبقات بعلت تغییرات کیفی و کمی در منابع تولید کننده آلودگی می‌باشد و تفاوت بین شیفت‌های صبح و عصر بواسطه تغییرات شرایط جوی در صبح و عصر می‌باشد.

مقایسه و تطبیق نتایج حاصل از انتشار آلودگی‌های شغلی در محدوده تنفسی و منابع انتشار آلودگی نشان می‌دهد که ارتباط خطی و معنی داری با ۰/۹۵ اطمینان و سطح معنی داری (Pvalue=۰/۰۵) بین انتشار از سطح منبع و مواجهه شغلی بویژه در ناحیه تنفسی پرسنل وجود ندارد و این موضوع را می‌توان به باز بودن شرایط محیط کار (Open work area) ناشی از فقدان سقف کامل و باز

متوسط تراکم آلودگی دی اکسید گوگرد از منابع انتشار آلودگی حاکی از یکنواخت بودن غلظت اندازه گیری شده بین سه منبع انتشار آلودگی و تفاوت معنی دار در متوسط تراکم میست‌های اسیدی بین همان سه منبع انتشار می‌باشد (جدول ۳). یکنواختی تراکم آلودگی گاز (SO<sub>2</sub>) بین سه منبع انتشار آلودگی بعلت یکسانی شرایط پروسه‌ها از نظر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی (دما-فشار-رطوبت و مشخصات شیمیایی نوع آلاینده) می‌باشد و تفاوت در تراکم میست‌های اسیدی بین سه منبع را می‌توان بعلت نوع فرایند از جنبه‌های مکانیکی و پراکنش میست‌های اسیدی به شیوه فیزیکی و مکانیکی بیان نمود. میزان تماس فردی ۸ ساعته گاز دی اکسید گوگرد در هر شیفت کاری و هر طبقه متغیر می‌باشد. بیشترین میزان (Average) TWA (Time Weight) مربوط به شیفت عصر و طبقه همکف و کمترین میزان TWA مربوط به شیفت عصر و طبقه اول می‌باشد. نتایج آزمون مقایسه میانگین‌ها به میزان موید تفاوت معنی دار بین طبقات و شیفت‌ها در واحد ۳۰۰ و ۶۰۰ می‌باشد. علت تفاوت آلودگی عمدتاً

ملاحظات	میانگین تراکم محاسبه شده			انحراف معیار	تعداد ایستگاه (نمونه)	مشخصات نمونه منبع تولید و انتشار آلودگی‌های گوگردی
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> Mg/m <sup>3</sup>	SD	SO <sub>2</sub> PPM			
	۴/۷	۰/۱۵	۰/۰۷۴۳	۰/۰۰۳	۳	تانک کریستالیزاسیون
	۷/۶۵	۰/۱۸	۰/۰۹۲۳	۰/۰۰۴۳	۳	تسمه نقاله سانتریفوژ
	۴۰	۱/۴۲	۰/۱۵۴	۰/۰۰۳۱	۳	V <sub>314</sub>
	۰/۰۰۱	---	۰/۴۸۳	---	---	P-value

جدول ۳- میانگین غلظت گاز SO<sub>2</sub> و H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> میست در منابع انتشار آلودگی در قسمتهای مختلف واحد ۳۰۰ در طی دو شیفت صبح و عصر مجتمع

میانگین غلظت آلودگی H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (mg/m <sup>3</sup> )		میانگین غلظت آلودگی SO <sub>2</sub> (PPm)		ایستگاه اندازه گیری (منبع آلودگی)
ناحیه تنفسی کارگران	منابع انتشار آلودگی	ناحیه تنفسی کارگران	منابع انتشار آلودگی	
۱		/۰۱۶۵	/۰۷۴۲	تانک
۰/۹۱۵	۴/۷	/۰۱۲۵	/۰۹۲۳	کریستالیزاسیون
۰/۶	۷/۶۵	/۰۱۵	۰/۱۵۴	تسمه نقاله
	۴۰			V <sub>314</sub>
	۰/۴۱		۰/۳۷	P <sub>value</sub>

جدول ۴- ارتباط میانگین های منابع انتشار آلودگی با میزان مواجهه تنفسی پرسنل در معرض در واحد ۳۰۰ مجتمع پتروشیمی

5. Chen LC, Miller PD, Lam HF, Gutty J. Sulfuric acid-layered ultrafine particles potentiate ozone-induced airway injury, *J Toxicol Environ Health*. 1991 Nov; 34 (3): 337-52.

6. Essential Reference for Air sampling catalogue and Guide SKC 2003, 5ed-pp-88

7. Morris K, Method of Air sampling and analysis, 1977 sec: 2: 559 - 639

8. Wessex . Institute of technology International conference on Air pollution proceedings, 2004.

9. Naeher, L; Jankun -M, Environment , Health - Perspex, 2004, 107(3): 223-31.

10. Carlson, RW, Johnson, RE. Occupational exposures science , 2005, pp.286

11. Kreider, J.F, et Al. Environmental Engineering Mechanical Engineering Handbook, Boca Raton: CRC Pres LLC, 1999.

12. Ighigeanu.D, Martin.D, Radoiu.R, Iovu.H, Calinescu.I, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> Removal by Synergetic Methods, 12 Romanian International Conference on Chemistry and Chemical Engineering, 2001.

13. Runyon .D. J, Background on Air Quality Control (Obtained from UNIDO , Sustainable Industrial Development), 2005.

14. Zanetti.P, Barebbia.CA, Garcia.J.E, Ayalamilian. G ,Air Pollution, 2th Ed ,New York, Elsevier Applied Science ,1993; 703-718.

15. Ighigeanu, D. Martin, D. Zissulescu, E. Macarie R, Oproiu.C, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> removal by electron beam and electrical discharge induced non-thermal plasmas, *Vacuum* , 2005, 77, 493-500.

16. Xiao F and Chen J, Application of Non-thermal plasma Technology for Indoor Air Pollution Control International Society for Environmental Information Sciences , 2004, Vol 2 , 628-634.

17. Ighigeanu D, Martin.D, Zissulescu.E, Macarie.R, Oproiu.R, Cirstea.E, SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> removal by electron beam and electrical discharge induced non-hermal plasmas , *Vacuum* , 2005, 77, 493-500.

بودن دیوارها در واحد ۳۰۰ آن مجتمع ارتباط داد همچنین تاثیر آموزش و روشهای کسب مهارت در جهت فرار از ناحیه خطر و بار ریسک بالا بویژه در تماسهای شغلی با بخارات و مواد شیمیایی واسیدی در این مطالعه بی ارتباط نیست (۱۲).

### نتیجه گیری

طبقه همکف از جنبه مواجهه شغلی آلاینده های مذکور بیشترین ریسک را به خود اختصاص داده (در شیفت عصر متوسط تراکم آلودگی در هر دو آلاینده حداکثر میباشد) در حالی که حداقل ریسک مواجهه در طبقه اول و بویژه در شیفت صبح میباشد . بعضی از پارامترهای صنعتی از جمله فرایندی، محیطی، عملیات کاری، و رفتاری بعنوان شاخص تماس با منابع انتشار آلودگی شغلی موثر هستند و در انتخاب روشهای کنترل آلودگی (مدیریتی - فنی مهندسی) بایستی لحاظ گردند (۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷)

### تقدیر و تشکر

از آقای مهندس اردلان سلیمانیان مسئول آزمایشگاه گروه بهداشت حرفه ای دانشگاه تربیت مدرس که با مساعدت خود امکان تسریع در دسترسی به وسایل و تجهیزات نمونه برداری مورد نیاز را فراهم نموده اند تشکر می شود.

### منابع

1. William N.R, Environmental & Occupational Medicine Third Edition, Elsevier, 1997, PP-157-180
2. Threshold limit values for chemical substance and physical agents and biological exposure indices, ACGIH, 2006-PP-65, 88, 99
3. Niosh manual of analytical methods 2003, vol :1 PP-170
4. Chen LC, Fine JM, Qu QS. Effects of fine and ultrafine sulfuric acid aerosols in guinea pigs. *Toxicol Appl Pharmacol*. 1992 Mar; 113(1):109-17.