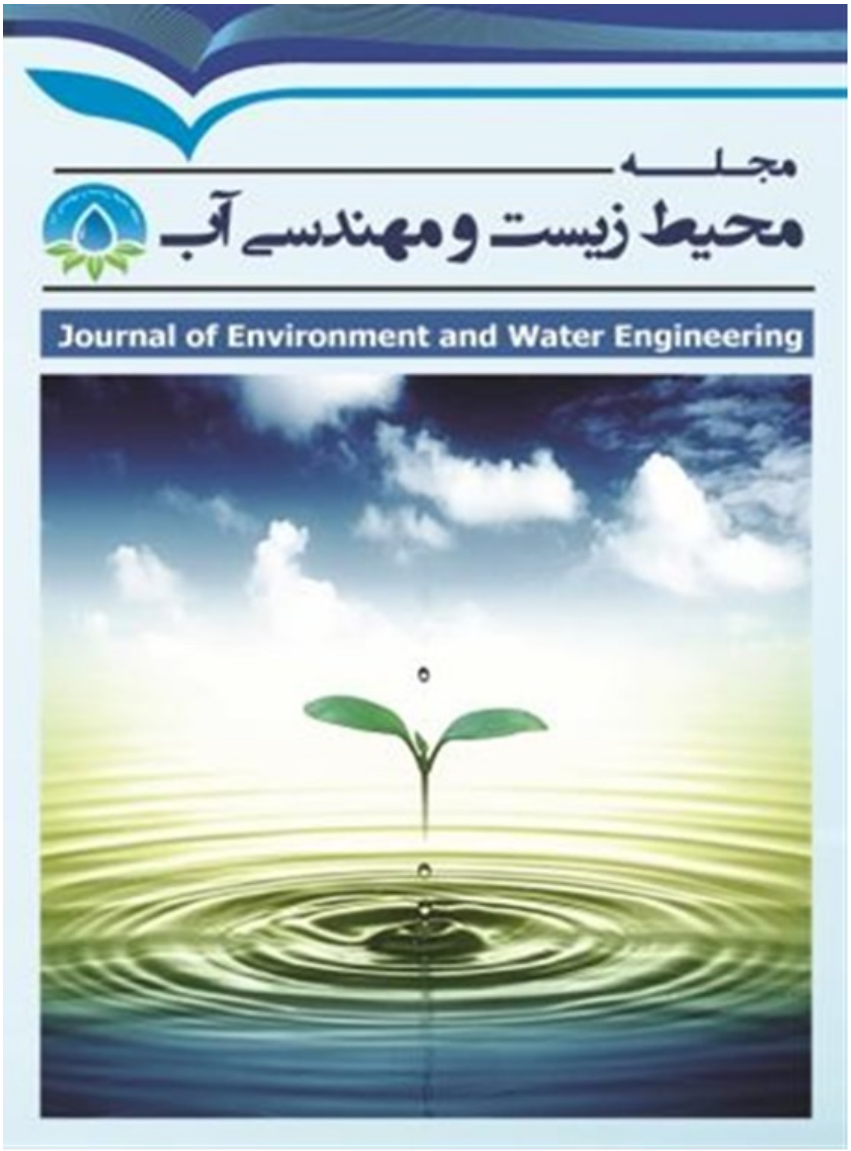
Journal of Environment and Water Engineering
ISSN: 2476-3683

مجله محیط‌زیست و مهندسی آب
شاپا: ۳۶۸۳- ۲۴۷۶

اثر شاخص‌های آب و هوا بر تجمع آلاینده SO_2 شهر اورمیه

حسام احمدی بیرگانی، سعید موسوی و سعید ثانی



دوره ۱، شماره ۱، زمستان، ۱۳۹۴، صفحات: ۱۱۰-۹۵

www.jewe.ir

نحوه ارجاع به این مقاله: احمدی‌بیرگانی ح.، موسوی س. و ثانی س. (۱۳۹۴). اثر شاخص‌های آب و هوا بر تجمع آلاینده SO_2 شهر اورمیه. محیط زیست و مهندسی آب، جلد ۱، شماره ۱، صفحات ۱۱۰-۹۵.

How to cite this paper: Ahmady-Birgani H., Mosavi S. and Sani S. (2015) . The impact of meteorological parameters on SO_2 pollutant accumulation over Urmia City. J. Environ. Water Eng. 1(1), 95-110.

اثر شاخص‌های آب و هوا بر تجمع آلاینده SO_2 شهر اورمیه

حسام احمدی‌بیرگانی[۱*]، سعید موسوی[۲] و سعید ثانی[۳]

۱- گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲- اداره کل محیط‌زیست آذربایجان غربی، ارومیه، ایران
۳- اداره کل هواشناسی آذربایجان غربی، ارومیه، ایران

*نویسنده مسئول: **h.ahmadybirgani@urmia.ac.ir**

تاریخ دریافت: [۱۳۹۴/۰۹/۱۱] **تاریخ پذیرش: [۹۴/۱۱/۱۴]**

چکیده

پژوهش پیشرو به بررسی اثر شاخص‌های آب‌وهوایی بر تجمع آلایندهSO_2 هوای شهر اورمیه در طول دوره آماری سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ پرداخته است. با توجه به روزهای آلوده در سطح شهر و عدم تأثیر بسزای افزایش تعداد وسایل نقلیه و فعالیت‌های صنعتی در اطراف شهر اورمیه، عامل مهم آب و هوا بیش‌ازپیش نقش خود را نشان می‌دهد. ازاین‌رو بامطالعه شاخص‌های آب‌وهوایی مؤثر نظیر سرعت باد، جهت باد، دمای محیطی و ابرناکی برافزایش آلاینده‌ی SO_2 هوای شهر اورمیه نتایج درخور توجهی کسب گردید. یافته‌های این مطالعه نشان داد تجمع SO2 هوای شهر اورمیه زمانی حداکثر است که سرعت باد ۳-۲ متر بر ثانیه، جهت باد بیش‌تر شرقی، جنوب شرقی، ابرناکی کم و دمای محیطی ۵- تا ۵+ درجه سلسیوس باشد. ماه بهمن در طول سال و ساعت‌های ۲۰-۱۵ عصر در طول شبانه‌روز بیش‌ترین فراوانی آلودگی هوای شهر اورمیه دیده می‌شود.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، شاخص‌های آب و هوا، آلایندهSO_2، اورمیه

۱- مقدمه

اگرچه تعدادی از رخدادهای طبیعی نظیر آتش‌فشان‌ها و آتش‌سوزی جنگل‌ها در تولید آلاینده‌های جوی نقش مهمی را دارند، ولی فعالیت‌های انسان‌زاد (آنتروپوژنیک) نیز عاملی مهم در آلودگی جوّ محسوب می‌شوند (Kampa et al. 2008). توسعه صنعتی در اطراف مناطق مسکونی، گسترش شهرها و به‌تبع آن افزایش وسایل نقلیه باعث شده است تا میزان مواد آلاینده هوای شهرها در چند سال اخیر به‌شدت افزایش یابد. مواد آلاینده شهری بیش‌تر از نوع گازی شامل ازن (O_3)، کربن مونوکسید (CO)، کربن دی‌اکسید (CO_2)، گوگرد دی‌اکسید (SO_2)، نیتروژن اکسید (NO)، نیتروژن دی‌اکسید (NO_2) و حتی ذرات معلق (PM_{10} و $PM_{2.5}$) می‌باشند. این آلودگی‌ها به‌صورت رخدادهای گردوغبار در هوا و لایه‌های جوّی خود را نشان می‌دهند و دارای ترکیبات کانی‌شناختی و شیمیایی گوناگون و متنوعی می‌باشند که نیاز به شناخت آن‌ها بیش‌ازپیش لازم به نظر می‌رسد (Ahmadi Birgani et al. 2016). منابع این آلاینده‌ها عبارت‌اند از: احتراق سوخت‌های فسیلی و زغال‌سنگ کارخانه‌های صنعتی و خودروهای سبک شهری و سنگین بین‌شهری، کوره‌های ذوب، پالایشگاه‌های نفت و حتی سوزاندن بقایای گیاهی موجود در زمین‌های کشاورزی و اراضی مرتعی. این آلودگی‌ها باعث بروز بیماری‌های گوناگون برای موجودات زنده به‌ویژه انسان می‌شوند، ازجمله تحریک بینی و گلو، آسیب‌های ریوی، برونشیت، آسیب به سیستم عصبی و قلب و عروق. Fang et al. (2013) نشان دادند تغییر در غلظت ازن به دلیل تغییرات اقلیم توانسته است مرگ‌ومیر زودرس ناشی از بیماری‌های ریوی در افراد بالای ۳۰ سال را تا ۶۳۰۰ مورد افزایش دهد. آلاینده‌های جوّی به‌خصوص نمونه‌های گازی آن با تغییر ترکیب و شیمی جوّ باعث ایجاد باران‌های اسیدی شده که بر بوم‌سازگان و مجموعه‌ی موجودات زنده‌ی آن اعم از گیاهان و جانوران به‌خصوص در محیط‌های آبی و دریاچه‌ای اثر می‌گذارد (Katsouyannie, 2003). لذا شناخت مواد آلاینده‌ی جوّی و دانستن غلظت و تنوع آن‌ها اهمیت زیادی داشته و به ما در مدیریت‌های جامع شهری و منطقه‌ای کمک شایانی می‌نماید. شناخت تغییرات آلودگی هوا در سطح شهرها و تغییرپذیری هر یک از شاخص‌های آلایندگی در روزها و ساعت‌های خاص شبانه‌روز بسیار مهم بوده و به ما در مدیریت رفت‌وآمد، تعیین بهترین زمان استفاده از وسایل نقلیه، تصمیم‌گیری در زمان انجام کارهای شخصی واداری در سطح شهر و از همه مهم‌تر نحوه ساخت و گسترش شهرها در جهت‌های مختلف جغرافیایی کمک شایانی می‌نماید. گرچه این نکته بسیار مهم است که افزایش آلاینده‌های شهری به‌خصوص وسایل نقلیه در سال‌های اخیر نباید نادیده گرفته شود و در تفسیرها به آن پرداخته شود. تجمع آلاینده‌های جوّی می‌تواند بسیار متأثر از نقش مهم عوامل جغرافیایی و پستی‌وبلندی موجود در نواحی شهری (Akpinar et al. 2009)، عوامل آب‌وهوایی، منبع آلاینده‌ها و پستی‌وبلندی‌های محلی باشد (Dominick et al. 2012)، در این میان نقش آب و هوا بسیار حیاتی بوده و شاخص‌های آب‌وهوایی (دما، بارندگی، سرعت و جهت باد، ابرناکی، رطوبت نسبی و میزان تبخیر) به‌طور حتم نقش مهم‌تری در تجمع و افزایش غلظت آلاینده‌ها دارند. Latini et al. (2002) به‌عنوان نمونه سرعت باد، جهت باد و تابش خورشید را مهم‌ترین شاخص‌های آب‌وهوایی مؤثر در آلودگی هوای معرفی می‌نمایند. حال آن‌که چه عاملی از آب و هوا و به چه میزان در تجمع آلاینده‌های هوا نقش دارند همیشه سؤالی بوده است که در ایران و به تفکیک هر شهر به‌خوبی بررسی نگردیده است. اگرچه در تحقیقی مرتبط Ahmadi et al. (2014) نشان دادند که نقش عوامل اقلیمی به‌خصوص برودت هوا از ماه‌های دسامبر تا فوریه بیش‌ترین تراکم آلاینده‌های SO_2 و CO در شهر سنندج را باعث می‌شود. پژوهش حاضر به بررسی اثر شاخص‌های مختلف آب‌وهوایی (شامل سرعت باد، جهت باد، دمای محیط و میزان ابرناکی آسمان) بر تجمع آلاینده‌ی SO_2 هوای شهر اورمیه پرداخته است و این مهم‌ترین شاخص‌های آب‌وهوایی تأثیرگذار را به همراه میزان و کمیت آن‌ها تعیین و بحرانی‌ترین ماه‌ها و روزهای سال را به همراه ساعت رخداد تجمع آلاینده‌ی جوّی SO_2 مشخص نموده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه‌ی موردمطالعه

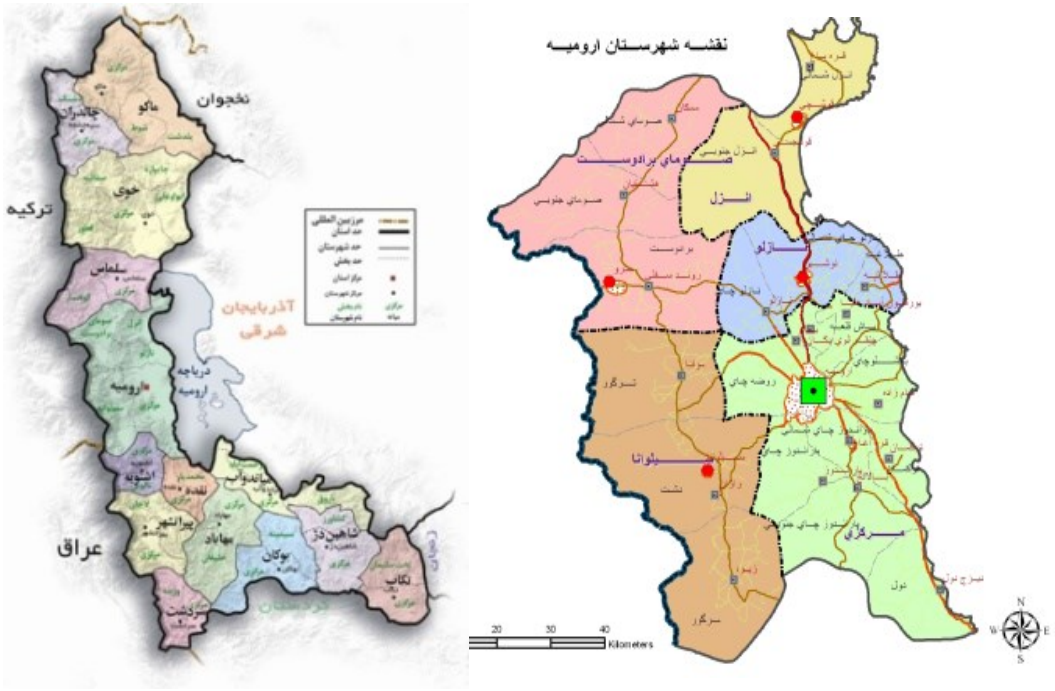
منطقه‌ی موردمطالعه شهر اورمیه مرکز استان آذربایجان غربی در شمال غرب ایران است. اورمیه در عرض جغرافیایی $^{\circ}$۳۷ شمالی، طول جغرافیایی $^{\circ}$۴۵ شرقی و ارتفاع ۱۳۳۲m از سطح دریا قرار دارد. با میانگین بارندگی سالیانه ۲۵۶ میلی‌متر، میانگین دمای سالیانه ۱۱/۸ درجه سلسیوس، دارای اقلیم معتدل و سرد است. آذربایجان غربی در جوار استان‌های آذربایجان شرقی، کردستان و زنجان و کشورهای ترکیه، عراق و آذربایجان قرارگرفته است. شکل (۱) موقعیت استان آذربایجان غربی و شهر اورمیه را نشان می‌دهد.

۲-۲- جمع‌آوری داده‌های آلودگی و آب و هوا

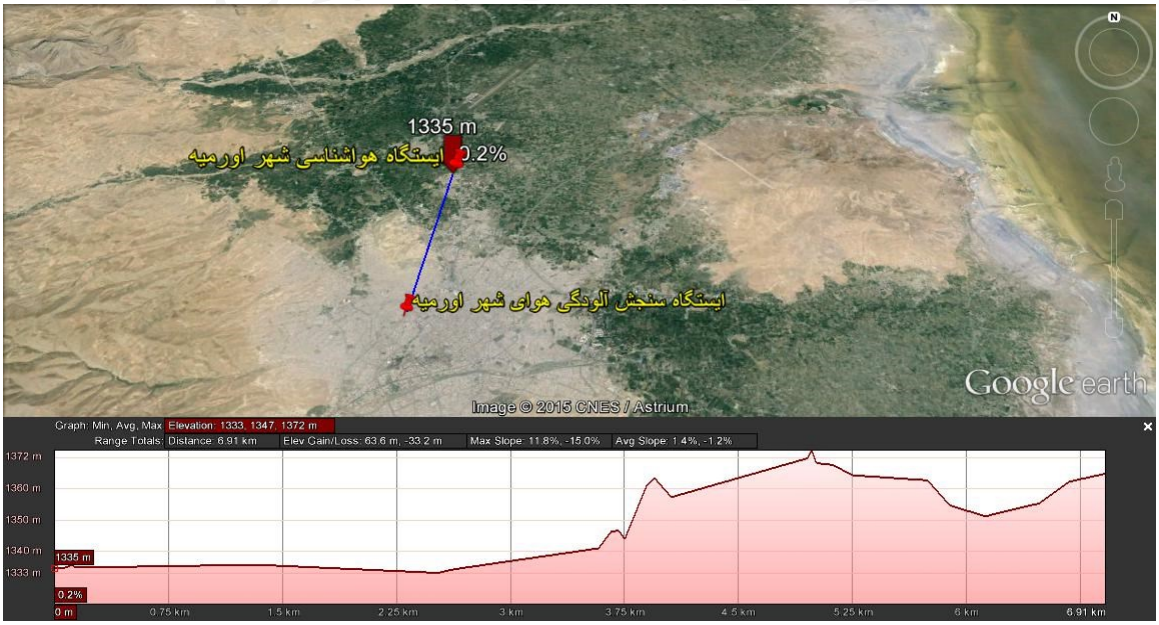
تعداد یک دستگاه سنجش آلاینده هوا در مرکز شهر اورمیه و در اداره کل محیط‌زیست آذربایجان غربی مستقر است که هر ۱۵ دقیقه غلظت آلاینده‌های جوی شامل: NO، NO_2، NO_x، SO_2، CO (برحسب ppb) و PM10(برحسب $\mu g/m^3$) را اندازه‌گیری و پایش نموده و سپس میانگین یک‌ساعته آن را برای تمامی شاخص‌های مذکور به‌صورت داده برای هر ساعت و روز معین ثبت می‌نماید. به دلیل نبود دستگاه سنجش آلاینده‌های هوا قبل از سال ۱۳۸۸ در شهر اورمیه و نیاز به شناخت اثر شاخص‌های آب‌وهوایی بر آلاینده‌های هوا، در این پژوهش از داده‌های آلاینده‌های هوا و اقلیمی در بازه‌ی زمانی فروردین‌ماه سال ۱۳۸۸ تا فروردین‌ماه سال ۱۳۹۴ استفاده گردید که دوره‌ی زمانی کامل ۶ ساله را شامل می‌شود. داده‌های آب‌وهوایی مورداستفاده در این پژوهش در بازه‌ی زمانی موردمطالعه، از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهر اورمیه که دارای قرائت‌های ساعتی است تهیه گردید. به دلیل نبود ایستگاه‌های هواشناسی و سنجش آلودگی هوای شهر اورمیه در کنار یکدیگر، دانستن این نکته بسیار مهم بود که آیا از داده‌های هواشناسی موجود می‌توان جهت بررسی اثر آن‌ها بر آلاینده‌های موجود و تجمع آن‌ها بهره گرفت یا نه؟ چراکه دوری بیش‌ازاندازه ایستگاه‌ها از یکدیگر، وجود پستی‌وبلندی فراوان و تغییرات شدید خرد اقلیم در دو سوی ایستگاه‌ها نمی‌تواند وجود داده‌های مناسب جهت بررسی، تأثیرپذیری و یافتن ارتباط بین آن‌ها را میسر سازد. ازاین‌رو، به کمک نرم‌افزار گوگل ارث ۷,۱,۲ به تعیین فاصله‌ی بین نقاط موردنظر (ایستگاه هواشناسی و ایستگاه سنجش آلودگی شهر اورمیه) و اثرگذاری پستی‌وبلندی بر داده‌های اقلیمی و آلودگی هوا پرداخته شد و پروفیل طولی آن رسم گردید (شکل ۲). همان‌گونه که در شکل (۲) مشخص است، فاصله‌ی بین دو ایستگاه موردنظر کم‌تر از هفت کیلومتر بوده و تغییرات ارتفاع بین دو ایستگاه موردنظر حدود ۳۰m است که حد بسیار قابل قبولی را جهت بررسی اثر داده‌های اقلیمی بر آلایندگی هوا دارا است. ازاین‌جهت، بررسی و ارتباط شاخص‌های اقلیمی بر مواد آلاینده‌ی هوای شهر اورمیه با کم‌ترین مشکل می‌تواند صورت پذیرد.

۲-۳- داده‌های مورد استفاده

در این پژوهش از بین مواد آلاینده‌ی جوّ به دلیل اهمیت بالا، میزان خطرناک بودن و تفسیر علمی و دقیق، تنها آلاینده‌ی SO_2 در نظر گرفته شد. دلیل دیگر بر انتخاب آلاینده‌ی SO_2 این است که فاکتور خوبی در نمایش افزایش فعالیت‌های صنعتی، حمل و نقل و احتراق سوخت خودروها است. از بین داده‌های آب‌وهوایی از شاخص‌های سرعت باد، جهت باد، دمای محیط و میزان ابرناکی آسمان استفاده گردید. این شاخص‌ها ازجمله مؤثرترین و مهم‌ترین شاخص‌ها در تجمع و افزایش مواد آلاینده موجود در جوّ هستند. هم‌چنین به دلیل اهمیت زمان رخدادهای آلودگی‌های شهری، فراوان‌ترین و مهم‌ترین ماه‌های سال و ساعت‌های شبانه‌روز که در تجمع آلاینده‌ی SO_2 بسیار مؤثر می‌باشند، تعیین‌شده و کمک شایانی به تفسیر مدیریت شهری و حمل و نقل نموده است.



شکل ۱- موقعیت شهر اورمیه در استان آذربایجان غربی



شکل ۲- نیم‌رخ طولی بین ایستگاه سنجش آلودگی هوا و ایستگاه هواشناسی سینوپتیک شهر اورمیه

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- مقدار آستانه آلایندگی آلاینده SO_2

جدول (۱) شاخص کیفیت هوا[1] سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور برای میزان غلظت آلاینده‌ی SO_2 را نشان می‌دهد. این شاخص ازجمله معیارهای موردپذیرش کشورهای جهان است که توسط سازمان حفاظت محیط‌زیست ایالت متحده آمریکا[2] ارائه شده است. همان‌گونه که مشخص است مقدار ppb ۱۴۴ به‌عنوان حد آستانه بین هوای پاک و آلوده آلاینده‌ی SO_2 است که در این پژوهش غلظت‌های SO_2 بیش‌تر از مقدار ppb ۱۴۴ به‌عنوان حد آستانه مدنظر قرارگرفته و ارزیابی اثر شاخص‌های آب‌وهوایی بر روی مقدارهای غلظت بالاتر از این میزان بررسی‌شده‌اند.

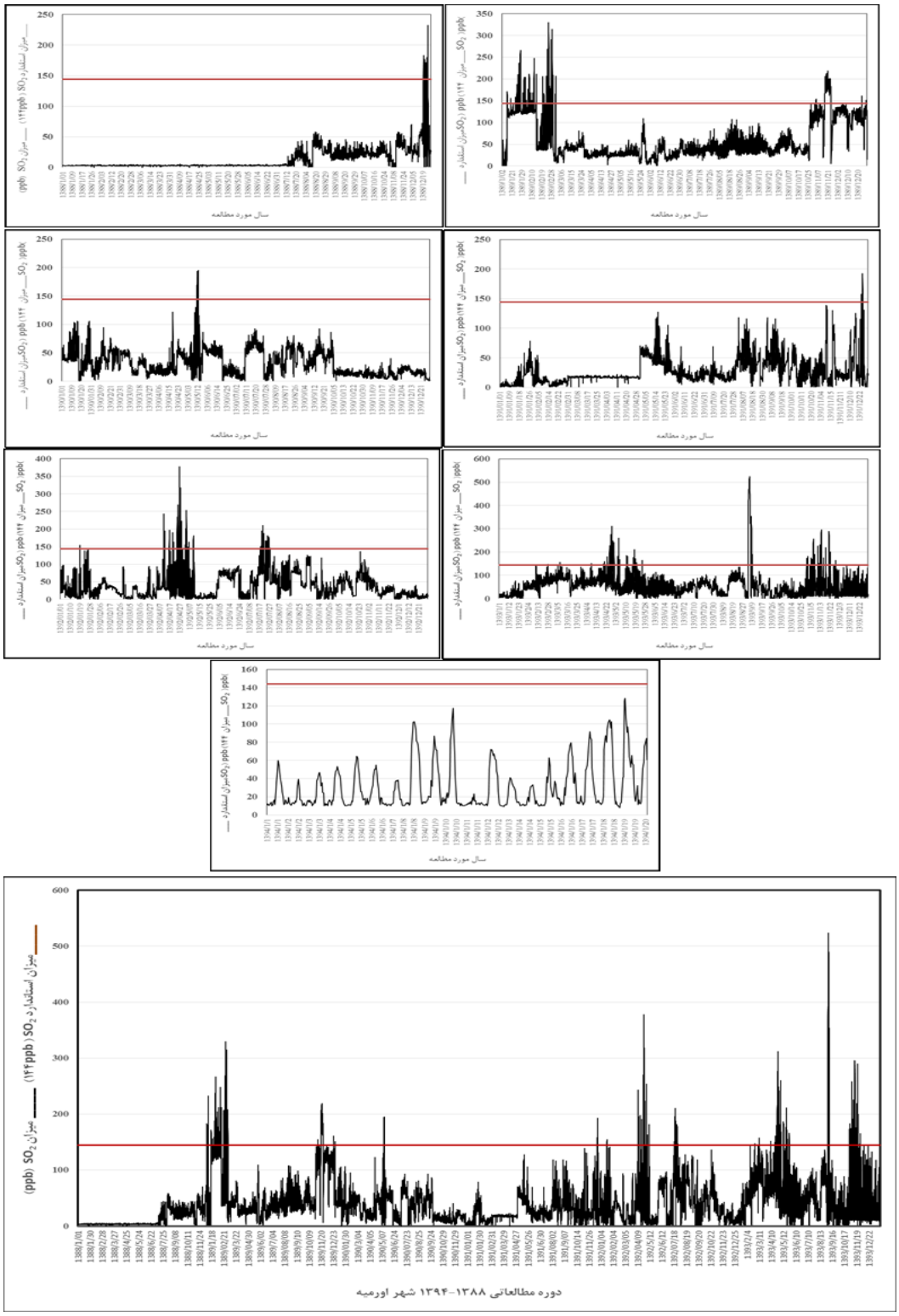
جدول ۱- شاخص کیفیت هوا استاندار سازمان حفاظت محیط‌زیست کشور مرتبط با آلاینده SO_2

رنگ شاخص	سبز	زرد	نارنجی	قرمز	بنفش	سیاه	سیاه
وضعیت کیفی هوا	پاک	سالم	ناسالم برای گروه‌های حساس	ناسالم	خیلی ناسالم	خطرناک	خطرناک
مقدار کمّی آلاینده SO_2(ppb)	۰-۳۴	۳۵-۱۴۴	۱۴۵-۲۲۴	۲۲۵-۳۰۴	۳۰۵-۶۰۴	۶۰۵-۸۰۴	۱۰۰۴- ۸۰۵

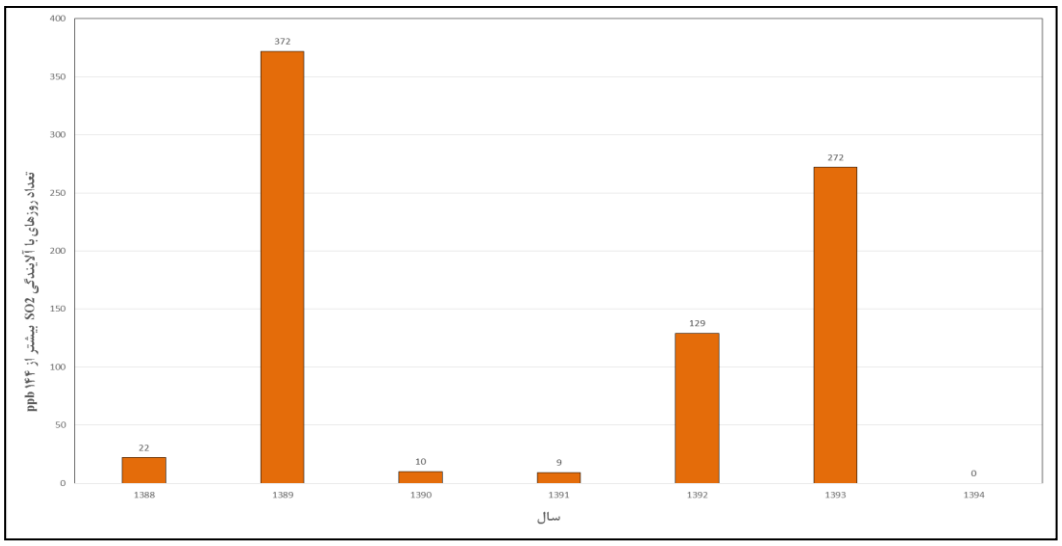
۳-۲- تغییرات سالانه و ماهانه مقدار آلاینده SO_2

شکل (۳) تغییرات سالانه‌ی مقدار آلاینده‌ی SO_2 در هوای سطح شهر اورمیه را نشان می‌دهد. در این شکل حد آستانه بیش از ppb ۱۴۴ با خط قرمز مشخص‌شده است. همان‌گونه که مشخص است در سال‌های ابتدایی مطالعه (۱۳۸۸) نوسانات آلایندگی بسیار زیاد ولی بیش‌تر اوقات پایین حد استاندارد و سال‌های آخر این مطالعه (۱۳۹۴) نوسانات کم‌تر و فراوانی مقادیر آلایندگی بسیار بیش‌تر از حد استاندارد است. گرچه این تغییرات می‌توانند دلایل زیادی داشته باشند، ولی نمایش تغییرات سالانه کمک زیادی به تفسیر خواهد نمود. به تفکیک هرسال تعداد روزهای بالاتر از حد آستانه در غلظت‌های SO_2 بیش‌تر از مقدار ppb ۱۴۴ در شکل (۴) به‌خوبی نمایش داده‌شده است. همان‌گونه که شکل‌های (۳) و (۴) نشان می‌دهند، از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ تعداد روزهای آلوده بالاتر از حد آستانه برای آلاینده‌ی SO_2 به ترتیب شامل ۲۲، ۳۷۲، ۱۰، ۹، ۱۲۹، ۲۷۲ و ۰ روز می‌باشند که به‌خوبی گویای نوسان بالای تعداد روزهای آلوده در سال‌های مختلف می‌باشند. بیش‌ترین میزان آلایندگی مربوط به سال‌های آخر و ابتدای سال ۱۳۹۲ می‌شود که به حد آستانه "ناسالم" و "خیلی ناسالم" رسیده است و مقدار کمّی آن حتی به میزان ppb۵۲۳/۵ نیز رسیده است. بیش‌ترین فراوانی روزهای آلوده در دوره‌ی زمانی موردمطالعه به ترتیب مربوط به محدوده‌های "ناسالم برای گروه‌های حساس"، "ناسالم" و "خیلی ناسالم" به میزان ۸۱٪، ۱۱٪ و ۹٪ می‌باشند (شکل ۵). در مدت مطالعه این پژوهش غلظت آلاینده‌ی SO_2 به محدوده‌ی "خطرناک" (بالاتر از ppb ۶۰۵) نرسیده است.

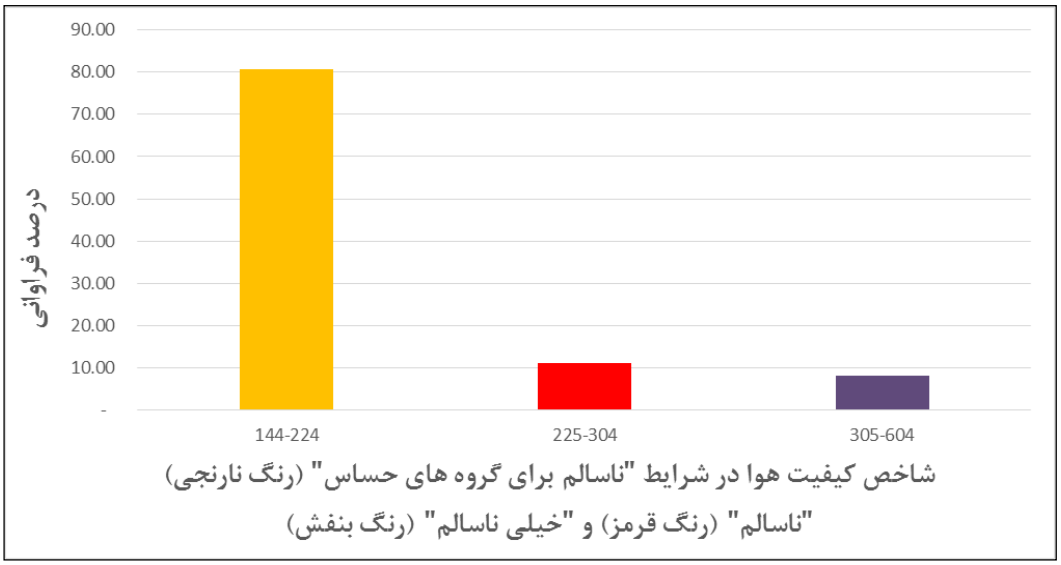
1- Air Quality Index (AQI)
2- EPA



شکل ۳- تغییرات مقدار آلاینده‌ی SO_2 در طول دوره مطالعاتی به تفکیک سال و مجموع کل در دوره مطالعاتی

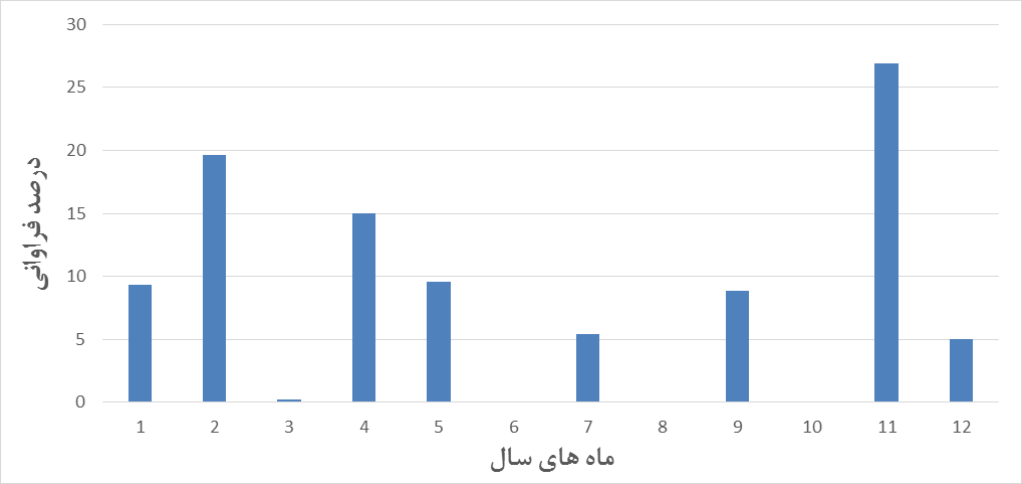


شکل ۴- تعداد روزهای بالاتر از حد آستانه در غلظت‌های SO_2 بیشتر از مقدار ppb ۱۴۴ در هرسال در طول دوره مطالعاتی



شکل ۵- درصد فراوانی میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در شرایط مختلف کیفی و کمّی شاخص کیفیت هوا

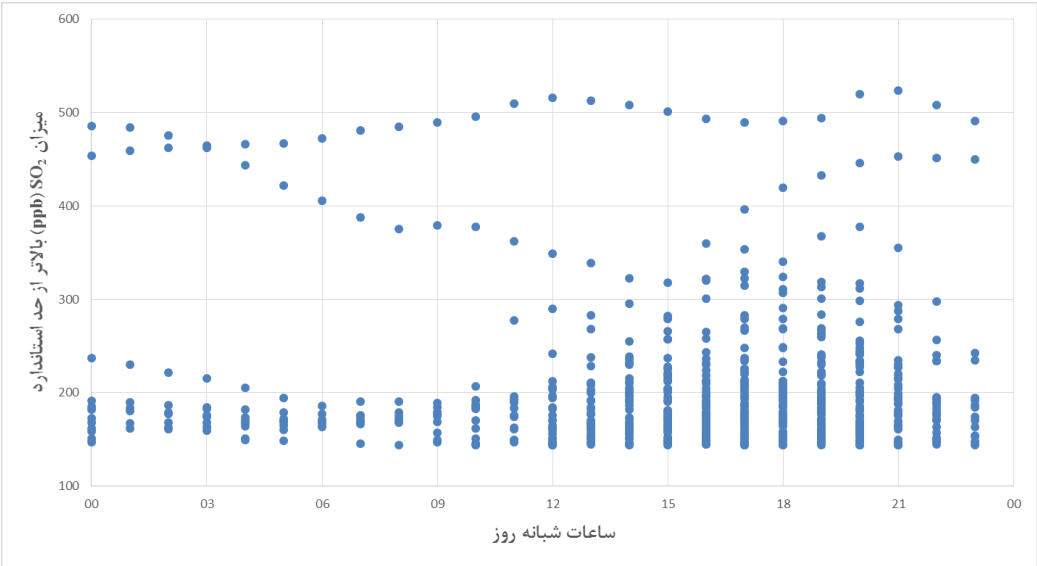
نمودار شکل (۶) درصد فراوانی ماهانه مقدار آلاینده‌ی SO_2 را نشان می‌دهد. به تفکیک فصل‌های سال در طول دوره‌ی موردمطالعه، فصل‌های زمستان، بهار، تابستان و پاییز به ترتیب با مقادیر ۳۲٪، ۲۹٪، ۲۴/۵٪ و ۱۴/۵٪ بیش‌ترین سهم را در تجمع آلاینده SO_2 در جوّ شهر اورمیه داشته که این خود گویای این است که سرمای هوا نقش پررنگ‌تری را در تجمع آلاینده‌ی SO_2 بازی می‌نماید. از بین ماه‌های سال در این مدت ماه‌های بهمن، اردیبهشت و تیر بیش‌ترین سهم آلودگی و ماه‌های شهریور، آبان و دی کم‌ترین سهم آلودگی را به ترتیب در طول مدت موردمطالعه ازنظر آلاینده SO_2 دارا می‌باشند (شکل ۶).



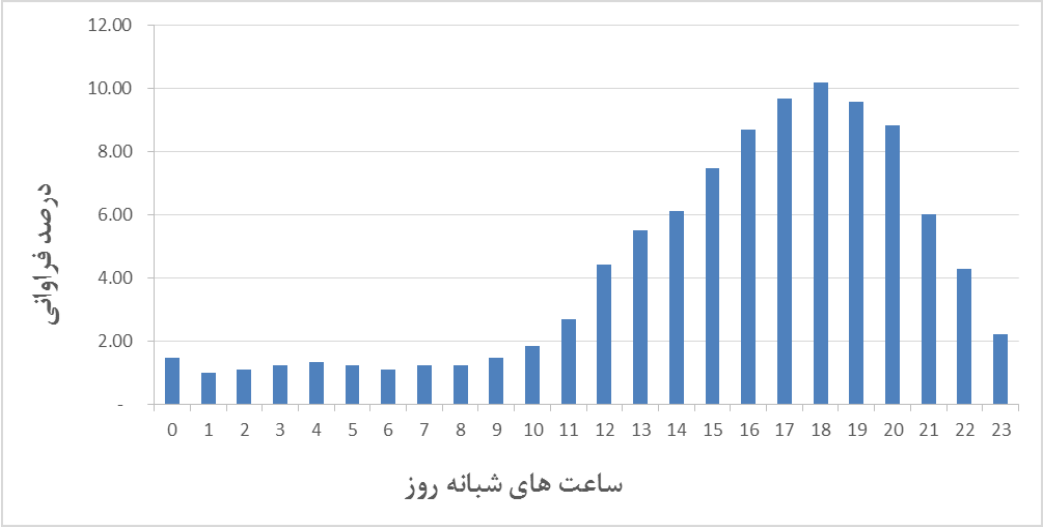
شکل ۶- درصد فراوانی میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در ماه‌های مختلف سال در طول دوره مطالعاتی

۳-۳- اثر شاخص‌های آب و هوا بر تجمع آلاینده‌ی SO_2

علاوه بر شـــاخص‌های آب‌وهوایی مؤثر در تجمع آلاینده‌ی SO_2، تغییرات میزان آلاینده‌ی SO_2 در طول شـــبانه‌روز نیز به‌خوبی بررســی شـدند (شکل‌های ۷ و ۸). بیش‌ترین میزان تجمع آلاینده از ساعت ۱۲ ظهر تا ۲۲ شب به میزان ۸۱٪ و کم‌ترین میزان این تجمع به میزان ۱۹٪ از ســاعت ۲۳ شــب تا ۱۲ ظهر است. افزایش روند تغییرات به کمک شکل (۸) به‌خوبی نمایش داده‌شده است. بیش‌ترین درصد تجمع آلاینده‌ی SO_2 در ساعت ۱۸ بوده است.

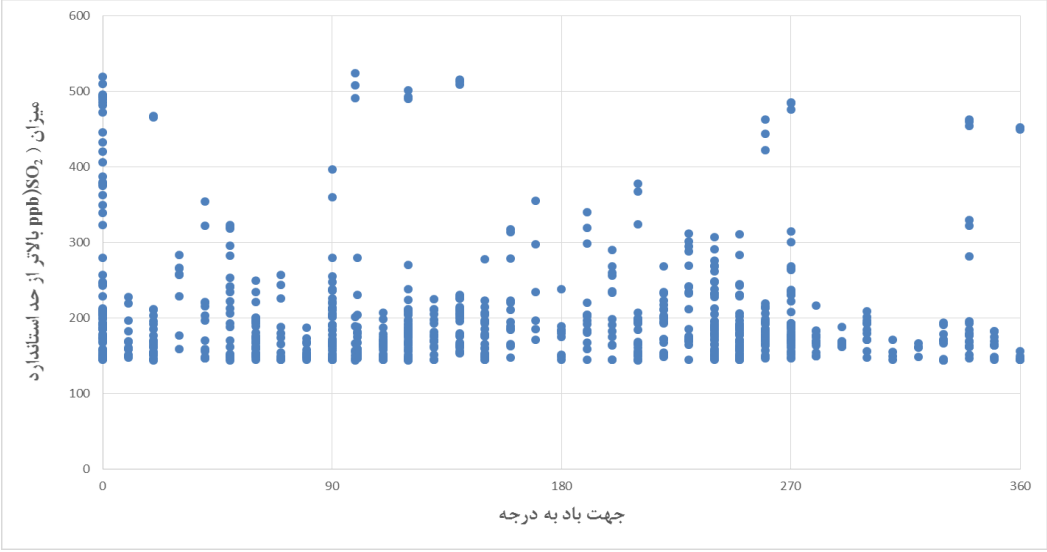


شکل ۷- تغییرات میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در ساعت‌های مختلف شبانه‌روز در طول دوره مطالعاتی

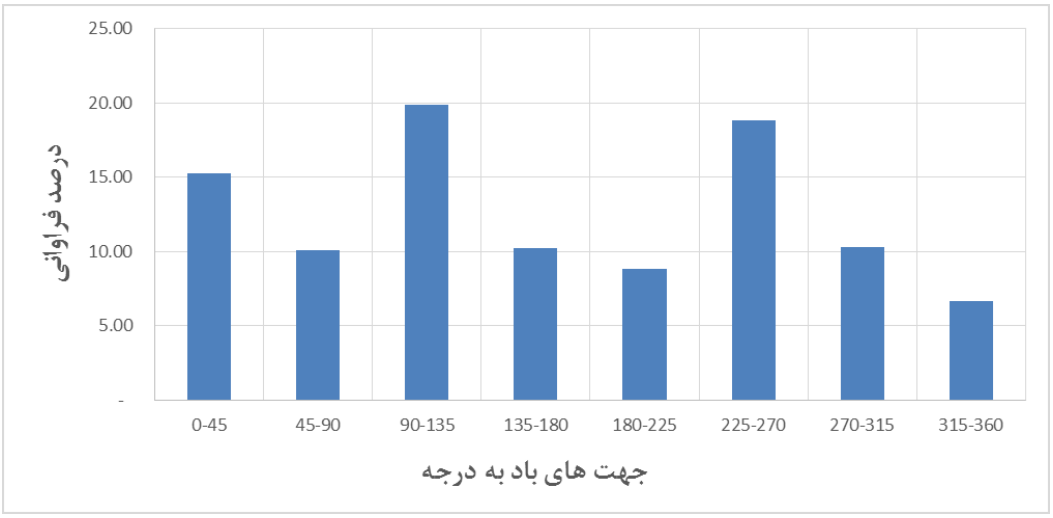


شکل ۸- درصد فراوانی میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در ساعت‌های مختلف شبانه‌روز در طول دوره مطالعاتی

اولین شاخص آب‌وهوایی موردبررسی در این پژوهش شاخص جهت باد است که با توجه به موقعیت ارتفاعی، پستی‌وبلندی، ناهمواری‌ها و ارتفاع از سطح دریا می‌تواند نقش مهمی در تجمع آلاینده‌های هوا بازی نماید (شکل‌های ۹ و ۱۰). ولی میزان تجمع آلاینده‌ی SO_2 در جهت‌های گوناگون باد در شهر اورمیه از روند خاصی تبعیت نمی‌نماید. این نشان می‌دهد که باد از جهت خاصی نمی‌تواند بر تجمع آلاینده‌ی SO_2 در سطح شهر اورمیه مؤثر باشد. اگرچه بادهای با جهت شرقی و جنوب شرقی (۱۳۵-۹۰ درجه) به میزان ۲۰٪ و بادهای با جهت غربی و جنوب غربی (۲۷۰-۲۲۵ درجه) به میزان ۱۸/۸۰٪ نقش مهم‌تری را در تجمع آلاینده SO_2 ایفا می‌نمایند، ولی بادهای با جهت شمال و شمال غربی (۳۶۰-۳۱۵ درجه) به میزان ۶/۷٪ کم‌ترین نقش را در تجمع آلاینده SO_2 دارا می‌باشند.

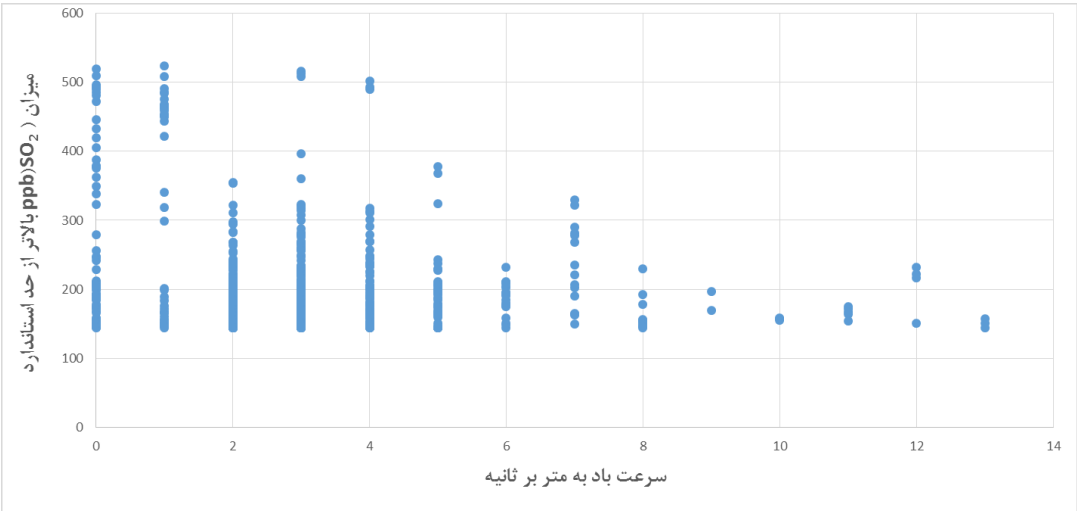


شکل ۹- تغییرات میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در جهت‌های مختلف باد در طول دوره مطالعاتی

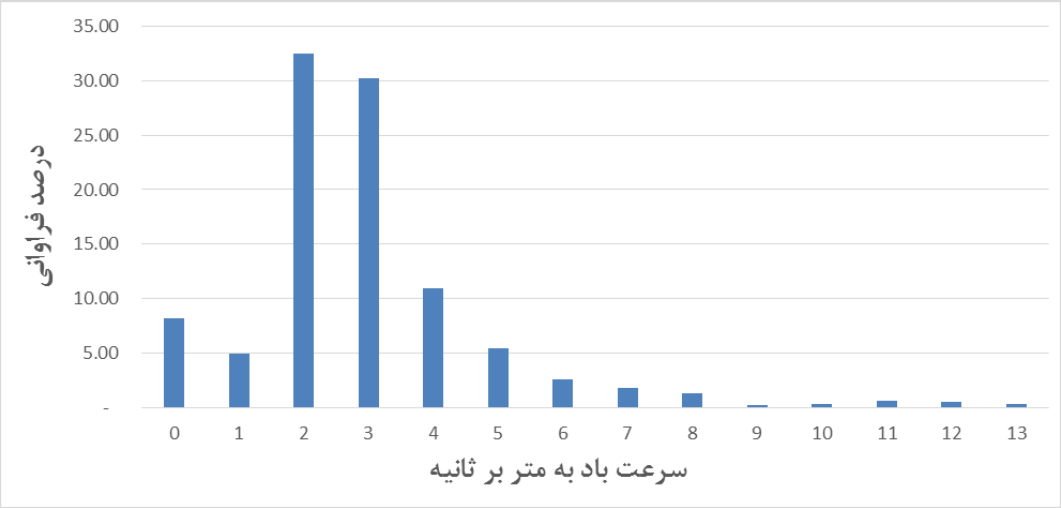


شکل ۱۰- درصد فراوانی میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در جهت‌های مختلف باد در طول دوره مطالعاتی

سرعت باد به‌عنوان یکی دیگر از شاخص‌های مهم آب‌وهوایی موردتوجه قرارگرفته است. در سرعت‌های باد کم‌تر از یک متر بر ثانیه (صفر متر بر ثانیه) به دلیل ثبات جوّی و عدم وجود تلاطم آب‌وهوایی گرچه میزان کمّی تجمع آلاینده SO_2 در مقدار بسیار بالا می‌باشند (شکل ۱۱)، ولی درصد فراوانی ناچیزی (۸/۳٪) را شامل می‌شوند (شکل ۱۲). همان‌گونه که شکل‌های (۱۱ و ۱۲) نشان می‌دهند، بیش‌ترین میزان سرعت باد مؤثر در تجمع آلاینده‌ی SO_2 مربوط به سرعت‌های باد دو و سه متر بر ثانیه بوده که به ترتیب با میزان فراوانی ۳۲/۵ و ۳۰٪، درصد قابل‌توجهی از تجمع آلاینده‌ی SO_2 در این سرعت‌های باد روی می‌دهند. با افزایش سرعت باد و به هم خوردن ثبات جوی تجمع آلاینده‌ی SO_2 کاهش‌یافته و در سرعت‌های بالاتر از نه متر بر ثانیه این میزان به کم‌تر از ۰/۵٪ می‌رسد.

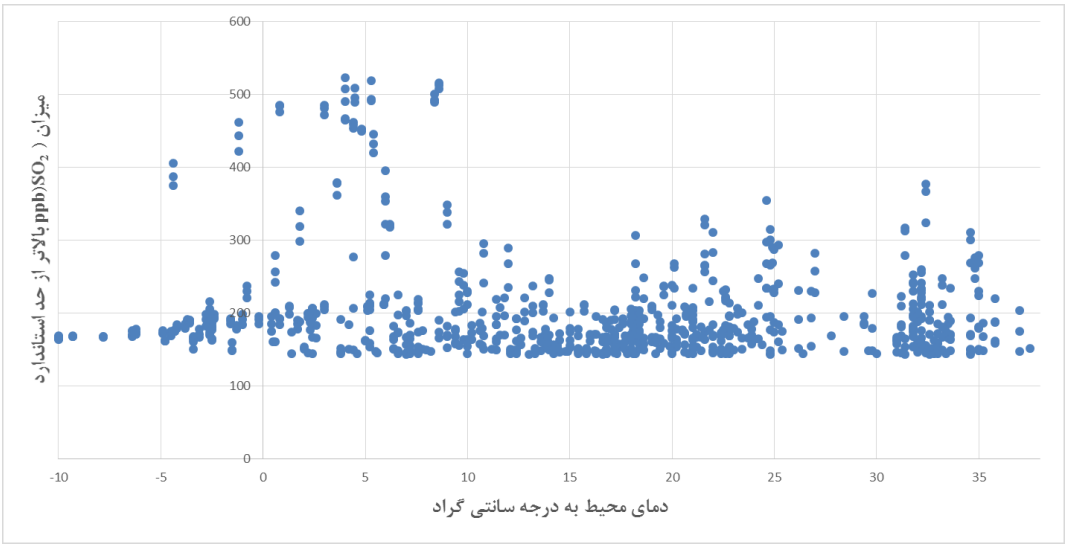


شکل ۱۱- تغییرات میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در سرعت‌های مختلف باد در طول دوره مطالعاتی

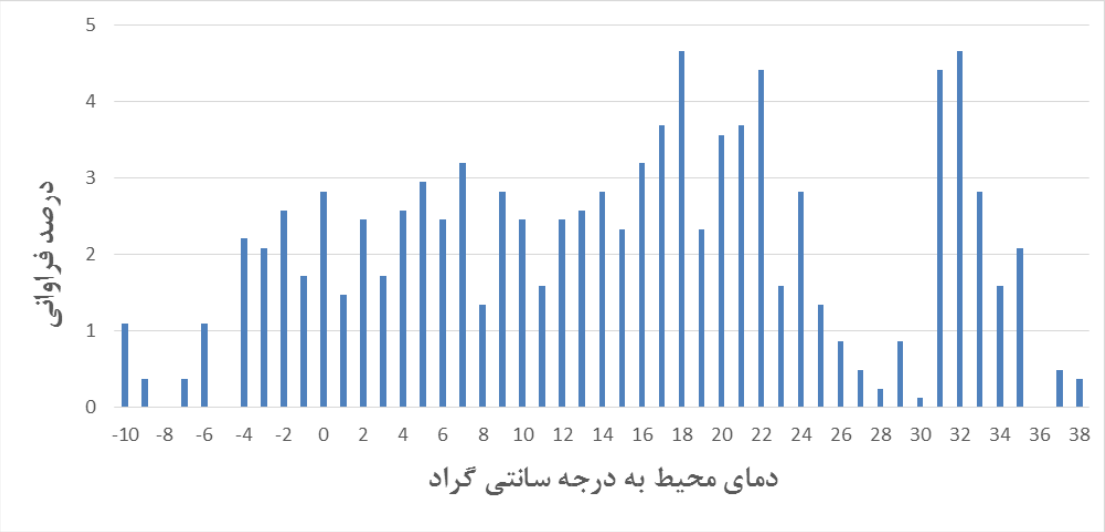


شکل ۱۲- درصد فراوانی میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در سرعت‌های مختلف باد در طول دوره مطالعاتی

دمای محیط به‌عنوان دیگر شاخص آب‌وهوایی مؤثر بر تجمع آلاینده SO_2 در شهر اورمیه رفتار مشخصی از خود نشان نمی‌دهد. ٪۱۴/۵ از تجمع آلاینده در دماهای پایین‌تر از صفر درجه سلسیوس (۰-۱۰- درجه سلسیوس) و ٪۸۵/۵ در دماهای بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد (۳۸-۰ درجه سلسیوس) رخ‌داده است. همان‌گونه که شکل (۱۳) نشان می‌دهد گرچه مقادیر کمّی بسیار بالای تجمع آلاینده SO_2 در محدوده‌ی ناسالم و خیلی ناسالم در دمای محیطی بین ۴- تا ۹+ درجه سلسیوس روی‌داده است، ولی تنها ٪۲۴ فراوانی را شامل شده و بیش‌ترین میزان فراوانی با شدت کم در محدوده‌های ۲۵-۱۶ درجه سلسیوس و ۳۵-۳۱ درجه سلسیوس به ترتیب به میزان ۳۰ و ٪۱۳/۵ بوده است (شکل ۱۴).

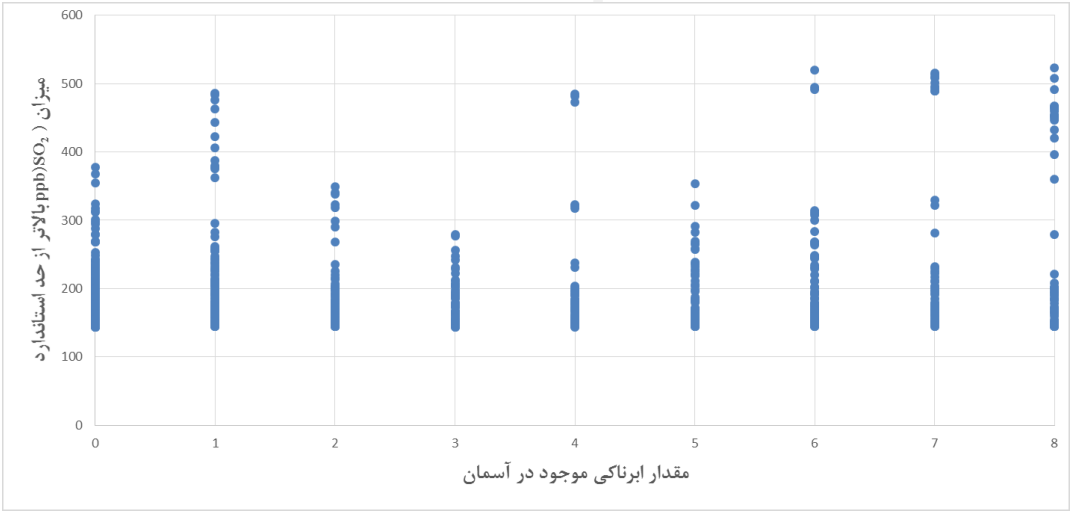


شکل ۱۳- تغییرات میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در دماهای مختلف محیطی در طول دوره مطالعاتی

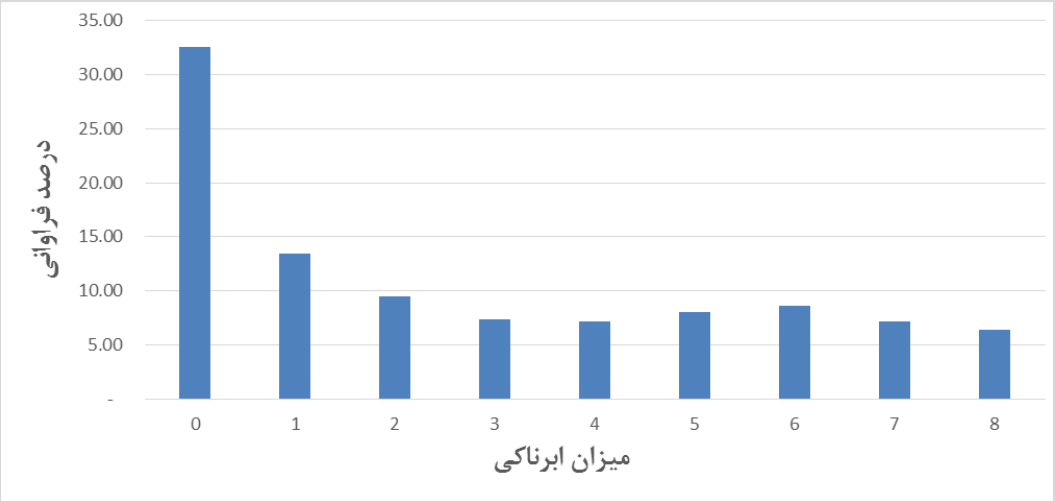


شکل ۱۴- درصد فراوانی میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در دماهای مختلف محیطی در طول دوره مطالعاتی

میزان ابرناکی یا میزان پوشش ابر موجود در آسمان دارای طبقه‌بندی خاصی است که به‌وسیله‌ی آن میزان ابر موجود در آسمان در سرتاسر افق‌های مشاهداتی در بالای سر لحاظ می‌شود و به طبقات بدون ابرناکی یا بدون پوشش ابر (کد ۰) تا کاملاً ابرناک یا پوشش کامل ابر (کد ۸) تقسیم‌بندی شده و در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور هر ساعت مشاهده و ثبت می‌گردد. با توجه به نتایج این پژوهش که این شاخص آب‌وهوایی در میزان ثبات جوّی، افزایش یا کاهش سریع یا تدریجی سطح زمین و درنتیجه افزایش یا کاهش آلاینده‌های جوّی بسیار مؤثراست، اثرات محسوسی را بر تجمع آلاینده SO_2 نشان می‌دهد (شکل‌های ۱۵ و ۱۶). مقدار کمّی آلاینده SO_2 در میزان بسیار زیاد در ابرناکی‌های ۶ تا ۸ که در محدوده‌ی " ناسالم " و " خیلی ناسالم " قرار دارند به ترتیب به میزان ۸/۶۰، ۷/۱۳ و ٪۶/۴۰ می‌باشند. گرچه شدت‌های بالای آلایندگی در این محدوده قرار می‌گیرند ولی درصد فراوانی قابل‌توجهی را شامل نمی‌شوند. هرچه میزان ابرناکی کم‌تر باشد استعداد آب و هوا جهت تجمع آلاینده SO_2 در شهر اورمیه بیش‌ازپیش خود را نشان داده و به‌طورکلی در ابرناکی‌های صفر و یک درمجموع به میزان ۴۶٪ فراوان‌ترین شرایط جهت تجمع آلاینده SO_2 در جوّ شهر اورمیه است. با افزایش ابرناکی شرایط برای تجمع آلاینده SO_2 در جو شهر اورمیه کاهش می‌یابد (شکل‌های ۱۵ و ۱۶).



شکل ۱۵- تغییرات میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در شرایط ابرناکی مختلف در طول دوره مطالعاتی



شکل ۱۶- درصد فراوانی میزان SO_2 بالاتر از حد استاندارد در شرایط ابرناکی مختلف در طول دوره مطالعاتی

به‌طورکلی، تغییرات شاخص سالانه آلایندگی هوا در شهر اورمیه نشان می‌دهد که روند افزایشی مشخصی از سال ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ وجود نداشته و گویای این مطلب است که با فرض افزایش سالیانه وسایل حمل و نقل شهری و توسعه شهرنشینی و صنایع کوچک صنعتی در اطراف شهر اورمیه که باید به افزایش روند میزان آلاینده SO_2 در هوای شهر اورمیه منتج شود، این مشخصه ملموس نبوده و نوسانات زیادی را از خود نشان می‌دهد. لذا نقش عوامل آب‌وهوایی بسیار پررنگ بوده و تجمع آلاینده SO_2 از آن ناشی می‌شود. به‌گونه‌ای که در سال ۱۳۸۹ با ۳۷۲ روز آلوده نسبت به سال ۱۳۹۳ با ۲۷۲ روز آلوده مقدار بیش‌تری را نشان می‌دهد. هرچند نرسیدن مقدار آلاینده SO_2 در جو شهر اورمیه به محدوده‌ی "خطرناک" و درصد فراوانی ٪۸۱ برای آلودگی SO_2 در محدوده‌ی "ناسالم برای گروه‌های حساس" خود می‌تواند ناشی از تعداد کافی و معقول وسایل نقلیه در این شهر باوجود شرایط آب‌وهوایی مستعد به تجمع آلاینده SO_2 باشد. اگرچه نمی‌توان کیفیت سوخت‌های مصرفی توسط وسایل نقلیه، نبود کیفیت مناسب برای موتور وسایل نقلیه و افزایش سیستم گرمایشی مناطق مسکونی را در هرسال نادیده گرفت و در صورت امکان بررسی داده‌های کیفیت سوخت‌های مصرفی و کیفیت موتور وسایل نقلیه در هرسال می‌تواند به تفسیر پژوهش‌هایی در این زمینه کمک خوبی نماید. از طرفی، با توجه به اینکه فراوان‌ترین ساعت‌های آلایندگی آلاینده SO2 در طول شبانه‌روز ساعت‌های ۲۰-۱۵ است و می‌تواند مرتبط با افزایش رفت‌وآمد در سطح شهر اورمیه باشد، ولی عدم افزایش آلاینده SO_2 در ساعت‌های ابتدایی روز (۹-۶ صبح) که میزان رفت‌وآمد افزایش چشمگیرتری داشته می‌تواند دلیلی بر نقش پررنگ شاخص‌های آب‌وهوایی بر تجمع آلاینده SO_2 در هوای سطح شهر اورمیه باشد. Latini et al. (2002) در نتایجی مشابه در دره دسی نو کشور ایتالیا افزایش آلاینده‌های جوّی در سطح شهر را به‌طور مستقیم به دلیل افزایش ناگهانی در خروج آلاینده‌ها از منابع گوناگون ندانسته و آن را مرتبط با شرایط آب‌وهوایی می‌دانند که در این شرایط نامطلوب ممکن است توانایی جوّ به انتشار آلاینده‌ها و انتقال آن‌ها از دیگر نواحی کمک نماید. هم‌چنین Ramsey et al. (2014) نیز افزایش چشمگیری در غلظت ازن را در ساعت‌های اواخر عصر و کاهش آشکار آن را در طول شب مشاهده نمودند که با یافته‌های این پژوهش در تطابق خوبی است؛ هرچند نوع آلاینده متفاوت است. در تأثیر شاخص‌های آب‌وهوایی بر تجمع آلاینده SO_2، جهت باد اگرچه دارای ارتباط معناداری نیست، با توجه به توسعه جمعیتی شهر اورمیه و وجود نهادهای اداری، سازمان‌های مختلف و مراکز خرید فراوان در شرق ایستگاه سنجش آلودگی هوا شهر اورمیه، وجود جهت باد "شرق، جنوب شرق " می‌تواند دلیل تجمع آلاینده SO_2 با درصد فراوانی بالا باشد. نتایج حاصل از سرعت باد نشان می‌دهد بیش‌ترین میزان تجمع آلاینده SO_2 نه در سرعت‌های کم‌تر از دو متر بر ثانیه و نه در سرعت‌های بیش از سه متر بر ثانیه رخ می‌دهد و این خود نشان می‌دهد که با توجه به شرایط جغرافیایی و توپوگرافی شهر اورمیه جهت تجمع آلاینده‌های شهری به حداقل سرعت‌های

باد به میزان ۳-۲ متر بر ثانیه نیاز است. هرچند رخدادهای آلودگی هوای شهر اورمیه با مقدار کمّی بسیار زیاد در سرعت‌های کم‌تر از دو متر بر ثانیه روی می‌دهند. تجمع آلاینده SO_2 در دمای ۵- تا ۵+ در محدوده‌های " ناسالم " و " بسیار ناسالم " نشان از نقش مؤثر دما در افزایش و تجمع آلاینده‌های جوی شهر اورمیه دارد. لذا اگرچه ممکن است در دامنه دمایی گوناگون و به‌خصوص در محدوده‌های ۲۵-۱۶ درجه سلسیوس و ۳۵-۳۱ درجه سلسیوس بیش‌ترین فراوانی تجمع آلاینده SO_2 روی دهد، ولی دمای محیطی بسیار پایین و سرمای شدید هوا در سطح زمین می‌تواند تجمع آلاینده SO_2 را به‌صورت چشمگیری در هوای شهر اورمیه نشان دهد. این نتیجه با مطالعات Latini et al. (2002) که دمای محیطی را عاملی مهم در تجمع SO_2 جوّ می‌داند و Ahmadi et al. (2014) که تجمع آلاینده‌های SO_2 و CO در ماه‌های سرد سال را در شهر سنندج مشاهده نمودند هم‌خوانی خوبی دارد. در پژوهشی هم که توسط Javanbakht و Khatami , (2012) بر روی ارتباط آلاینده‌های شاخص کیفیت هوا و شاخص‌های هواشناسی شهر تهران داشتند، نتایج نشان داد که SO_2 با دما و سرعت باد ارتباط معنی‌دار منفی و با رطوبت نسبی ارتباط معنی‌دار مثبت دارد. نتایج تحقیقات نامبردگان با دستاوردهای این مطالعه مطابقت خوبی نشان می‌دهد. میزان ابرناکی نیز با تأثیر بر دمای محیط و تابش خورشید نقش مهمی را در تجمع آلاینده SO_2 بازی می‌نماید. به این صورت که نبود ابرناکی عاملی مناسب و مساعد برای پدیده وارونگی دما بوده و با کاهش ناگهانی و سریع سطح زمین به دلیل نبود پوشش ابر شرایط برای افزایش آلاینده‌های جوی مناسب می‌شود. با توجه به نتایج این پژوهش با کاهش ابرناکی درصد فراوانی روزها و ساعت‌های با آلودگی بیش‌ازحد استاندارد افزایش قابل‌توجهی یافته است. در تحقیقی مشابه Throsteinsson et al. (2013) در بررسی شاخص‌های آب‌وهوایی بر میزان پخشیدگی گاز H_2S در شهر ریکیاویک کشور ایسلند به این نتیجه رسیدند که در سرعت‌های باد ۳-۱ متر بر ثانیه، جهت باد شرقی و دمای محیطی پایین و در حدود ۳- درجه سلسیوس، هوای خشک و بدون بارندگی انتشار این گاز سمّی در شهر ریکیاویک افزایش زیادی را نشان می‌دهد. Ocak et al. (2008) نیز به مطالعه رابطه بین شاخص‌های آلاینده هوا شامل NO_X، CO و O_3 و شاخص‌های آب‌وهوایی نظیر دما، سرعت باد و رطوبت نسبی در شهر ارزروم کشور ترکیه پرداختند. نتایج نشان داد که در شرایط یکسان و یکنواخت آب‌وهوایی آلاینده‌های هوا هر یک رفتار متفاوتی را از خود نشان داده و افزایش یکی دلیل برافزایش دیگر آلاینده‌ها نیست.

۴- نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج این تحقیق حاکی از آن است که:

۱- تجمع آلاینده SO_2 در هوای شهر اورمیه بیش‌تر متأثر از شاخص‌های آب‌وهوایی است.

۲- افزایش وسایل نقلیه، فعالیت‌های صنعتی و افزایش دستگاه‌های گرمایشی مناطق مسکونی تا حدود زیادی می‌تواند آلودگی هوا ناشی از پدیده‌های جوّی را تشدید نماید.

۳- مهم‌ترین شاخص‌های آب‌وهوایی مؤثر در تجمع SO_2 در هوای شهر اورمیه که شاخص آلایندگی بالاتر از استاندارد را باعث می‌شوند به ترتیب اهمیت شامل سرعت باد، ابرناکی، دمای محیطی و جهت باد می‌باشند.

References

Ahmadi Birgani H., Faiznia S., Mirnezhad H., McQeen K. and Ghorbanpour M. (2016). Assessing chemical and mineral characteristics of particulate matter in air and dust events in the west of Iran (Case study: Abadan and Urmia cities). J. Range Watershed Manag., [In Press] [In Persian].

Ahmadi H., Ahmadi T., Shahmoradi B., Mihammadi S. and Kohzadi S. (2014). The effect of climatic parameters on air pollution in Sanandaj, Iran. J. Adv. Environ. Health Res., 3(1), 49-61.

Akpinar E., Akpinar S. and Oztop H. (2009). Statistical analysis of meteorological factors and air pollution at winter months in Elazig, Turkey. J. Urb. Environ. Engg. 3(2)., 7-16.

Dominick D., Juahir H., Latif M., Zain S. and Aris A. (2012). Spatial assessment of air quality patterns in Malaysia using multivariate analysis. Atmospheric Environ., 60(4), 172-181.

Fang Y., Mauzerall D. L., Liu J., Fiore A. M. and Horowitz L. W. (2013). Impact of 21st century climate change on global air pollution-related premature mortality. Climate Change.

Javanbakht Amiri S. and Khatami S.H. (2012). The Study of the correlation between air quality index pollution and meteorological parameters in Tehran with regression analysis approach. J. Human Environ., 10(34), 15-28 [In Persian].

Kampa M. and Castanas E. (2011). Human health effects of air pollution. Environmental Pollution. 151(8), 362-367.

Katsouyannie K. (2003). Ambient air pollution and health. British Medical Bulletin., 68(5).51-70.

Latini G., Cocci Grifoni R. and Castanas E. (2002) Influence of meteorological parameters on urban and suburban air pollution. Air Pollution X, 53, doi:10.2495/AIR020751.

Ocak S. and SezerTuralioglu F. (2008). Effect of meteorology on the atmospheric concentrations of traffic-related pollutants in Erzurum, Turkey. J. Int. Environ. Appl. Sci., 3(1), 325-335.

Ramsey N. R., Klein P. M. and Moore B. (2014). The impact of meteorological parameters on urban air quality. Atmospheric Environment, 86(9), 58-67.

Thorsteinsson T. H., Hackenbruch J., Sveinbjornsson E. and Johannsson T. H. (2013). Statistical assessment and modelling of the effects of weather conditions on H_2S plume dispersal from Icelandic geothermal power plants. Geothermics. 45(6), 31-40.

The Impact of Meteorological Parameters on SO_2 Pollutant Accumulation over Urmia City

Hesam Ahmady-Birgani [1]*, Saeed Mosavi [2] and Saed Sani [3]

[1] Department of Range and Watershed Management, Faculty of Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
[2] West Azerbaijan Department of Environment, Urmia, Iran
[3] West Azerbaijan Meteorological Organization, Urmia, Iran

*Corresponding Author: h.ahmadybirgani@urmia.ac.ir

Received: December 2, 2015 Accepted: January 4, 2016

Abstract:
In this research, the impact of meteorological parameters on SO_2 accumulation between 2009 to 2015 years over Urmia City was investigated. Due to the polluted days and no remarkable effects relating to increasing industrial activities and transport services as well as the number of lorries and cars around the Urmia City, the parameter of meteorology plays a very crucial role in this issue. Therefore, some meteorological parameters considered were wind speed, wind direction, nebulosity, and temperature and SO_2 pollutant as air pollution index. This study revealed that SO_2 accumulation over Urmia City happens when the wind speed is 2-3 m/s, prevailing wind direction is Eastern, South-Eastern, nebulosity is none or low and the temperature is between -5 to +5 °C. February month is the most polluted month in year and the highest pollution occurs at 15-20 h.

Keywords: Air Pollution, Meteorological Parameters, SO_2 Pollutant, Urmia City.