

Original article

Investigation of Temporal Changes in the Dust Particle Concentration in Zabol City Air Using Air Quality Index

Nayiereh Pourmollaei¹Ali Mohammadi^{2*}Edris Bazrafshan³Morteza Ismailnejad⁴Akram Al-Muluk Lahijanian⁵

- 1- Department of Environmental Management, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
- 2- Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran
- 3- Health Sciences Research Center, Torbat Heydariyeh University of Medical Sciences, Torbat Heydariyeh, Iran
- 4- Department of Geography, Birjand University, Birjand, Iran
- 5- Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

***Corresponding author:** Ali Mohammadi, Faculty of Natural Resources and Environment, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran

Email: ali.mohammadi1964@gmail.com

Received: 10 December 2020

Accepted: 18 January 2021

ABSTRACT

Introduction and purpose: During the past decade, the scientific community has noticed the important impacts of suspended dust in the air on climate, human health, the environment, and various socio-economic sectors. The dust concentration has a negative relationship with human health so that the increase of dust concentration leads to an increase in the number of patients with heart and respiratory diseases, and human health is seriously threatened. The undesirable phenomenon of dust storms is one of the natural disasters that affect Zabol city due to its geographical location and proximity to the dried bed of Hamoon wetland. Therefore, this study aimed to investigate the temporal changes in dust concentrations over a 10-year period in Zabol city.

Methods: The concentration of dust particles (PM_{10}) was measured using fixed air pollution measuring devices during a period of 10 years from 2009 to 2019. All data were recorded on a daily and annual basis and the variations during this period were examined in this study. The given data were measured and analyzed based on the air quality index in order to evaluate the air quality changes.

Results: In this study, the average annual concentration of PM_{10} has been 405, 425, 451, 659, 532, 152, 222, 196, 170, and 67 $\mu g/m^3$, respectively, from 2009 to 2019. The highest particle concentration was determined at 4932 $\mu g/m^3$ in the summer of 2016, which was the result of 120-day storms, the dried bed of Hamoon wetland, and the transfer of dust particles.

Conclusion: According to the standard, the concentration of PM_{10} should not exceed 50 $\mu g/m^3$; however, this value has reached several times the standard limit and 33 times the standard limit at maximum during the 10-year period.

Keywords: Air quality index, Dust particles, PM_{10} , Zabol city

► **Citation:** Pourmollaei N, Mohammadi A, Bazrafshan E, Ismailnejad M, Al-Muluk Lahijanian A. Investigation of Temporal Changes in the Dust Particle Concentration in Zabol City Air Using Air Quality Index. Journal of Health Research in Community. Winter 2021;6(4): 40-50.

مقاله پژوهشی

بررسی تغییرات زمانی غلظت ذرات گردوغبار در هوای شهرستان زابل با استفاده از شاخص AQI

چکیده

نیره پورملایی^۱علی محمدی^{۲*}ادریس بذرافشان^۳مرتضی اسماعیل‌نژاد^۴اکرم‌الملوک لاهیجانیان^۵

مقدمه و هدف: طی دهه گذشته، جامعه علمی متوجه تأثیرات مهم گردوغبار موجود در هوا بر آب‌وهوا، سلامت انسان، محیط‌زیست و بخش‌های مختلف اقتصادی اجتماعی شده است. رابطه بین غلظت گردوغبار و سلامت انسان‌ها یک رابطه معکوس است، به‌طوری‌که با افزایش غلظت گردوغبار بر تعداد مبتلایان به بیماری‌های قلبی و تنفسی افزوده و سلامت انسان به‌طوری جدی تهدید می‌شود. یکی از بلاهای طبیعی که شهرستان زابل را به دلیل موقعیت جغرافیایی و نزدیکی آن با بستر خشک تالاب هامون تحت تأثیر قرار می‌دهد، پدیده نامطلوب طوفان‌های گردوغباری است. هدف اصلی این پژوهش بررسی تغییرات زمانی غلظت گردوغبار در دوره ۱۰ ساله در شهرستان زابل است.

روش کار: به‌منظور بررسی آلودگی هوا در شهر زابل غلظت ذرات گردوغبار (PM_{10}) در دوره زمانی ۱۰ ساله از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ با استفاده از دستگاه‌های ثابت سنجش آلودگی هوا اندازه‌گیری شد. تمام داده‌ها به‌صورت متوسط روزانه و سالانه مرتب و تغییرات آن در این بازه زمانی بررسی شد. به‌منظور بررسی تغییرات کیفی هوا، داده‌های مدنظر بر اساس شاخص‌های استاندارد کیفیت هوا AQI محاسبه و تجزیه و تحلیل شدند.

یافته‌ها: طی دوره مطالعه، میانگین غلظت سالانه PM_{10} از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ به ترتیب ۴۲۵، ۴۵۱، ۶۵۹، ۵۳۲، ۱۵۲، ۲۲۲، ۱۹۶، ۱۷۰ و ۶۷ میکروگرم بر مترمکعب بوده است. بیشترین مقدار غلظت ذرات مربوط به فصل تابستان ۱۳۹۵ با متوسط ۴۹۳۲ میکروگرم بر مترمکعب تعیین شد که به دلیل وقوع طوفان‌های ۱۲۰ روزه و بستر خشک تالاب هامون و انتقال ذرات گردوغبار اتفاق می‌افتد.

نتیجه‌گیری: بر اساس استاندارد، غلظت ذرات معلق PM_{10} نباید از ۱۵۰ میکروگرم بر مترمکعب تجاوز کند. این در حالی است که این مقدار طی دوره ۱۰ ساله چندین برابر حد استاندارد بوده و در بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده به ۳۳ برابر حد استاندارد رسیده است.

کلمات کلیدی: AQI، ذرات PM_{10} ، شهرستان زابل، گردوغبار

۱. گروه مدیریت محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۲. دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
۳. مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی تربت‌حیدریه، تربت‌حیدریه، ایران
۴. گروه جغرافیا، علوم انسانی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۵. دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: علی محمدی، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

Email: ali.mohammadi1964@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۲۹

مقدمه

از دیدگاه بهداشت عمومی، ذرات معلق از آلاینده‌های اصلی هوا هستند. سازمان جهانی بهداشت برآورد کرده است که سالیانه

۵۰۰ هزار نفر بر اثر مواجهه با ذرات معلق موجود در هوای آزاد دچار مرگ زودرس می‌شوند. گردوغبار منجر به تغییرات اقلیم در مقیاس جهانی و محلی می‌شود؛ مثلاً در اوایل سال ۱۹۵۰ که لندن با دوره آلودگی هوا روبه‌رو بود، گردوغبار منجر به مرگ و میر بیش از ۴ هزار نفر شد. زمانی که پدیده گردوغبار در منبع ایجاد می‌شود، ۳۰ درصد در نزدیکی منبع رسوب و ۲۰ درصد دوباره در مقیاس محلی منتشر و بیش از نیمی از آن به فواصل دور تا ۶۵۰۰ کیلومتر منتقل می‌شود. سالانه بین ۰/۵ تا ۵ تن ذرات که در اندازه قابل انتقال از طریق هوا هستند، با طوفان‌های گردوغبار به نقاط دیگر جهان منتقل می‌شوند [۱، ۲].

طی دهه گذشته، جامعه علمی متوجه تأثیرات مهم گردوغبار موجود در هوا بر آب‌وهوا، سلامت انسان، محیط‌زیست و بخش‌های مختلف اقتصادی اجتماعی شده است [۳]. نتایج یک مطالعه اپیدمیولوژیکی که ارتباط بین مرگ و میر و ابتلای روزانه و غلظت ذرات کوچک‌تر و مساوی ۱۰ میکرون را بررسی کرده است، نشان می‌دهد ۱۰ میکروگرم در مترمکعب تغییر در غلظت ذرات کوچک‌تر و مساوی ۱۰ میکرون با ۰/۵ درصد افزایش کل مرگ و میر همراه است [۴]. ذرات معلق به‌خصوص ذرات با قطر کمتر از ۱۰ میکرومتر به دلیل راه‌یابی به سیستم تنفسی تحتانی در تشدید بیماری‌های قلبی ریوی، کاهش مقاومت سیستم ایمنی بدن در مقابل بیماری‌ها، از بین رفتن بافت ریه، آسم کودکان، مرگ و میر زودرس و سرطان نقش عمده‌ای دارند. در این رابطه در سال‌های اخیر غلظت ذرات قابل تنفسی (PM_{10}) در محیط به موضوع مهمی در ارتباط با سلامتی انسان‌ها تبدیل شده است [۵].

هرچند هنوز هم فقدان بنیادی در درک مکانیسم‌های زیربنایی از سمیت آن‌ها وجود دارد، یکی از فرضیه‌هایی که به‌طور گسترده‌ای پذیرفته شده این است که سمیت ذرات نه‌فقط به اندازه و ترکیب شیمیایی آن‌ها، بلکه به تعیین غلظت ذرات کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) از معیارهای مهم تعیین شاخص کیفیت هوا (AQI: Air quality index) بر اساس تعریف آژانس حفاظت محیط‌زیست

(EPA: Environmental Protection Agency) است [۶].

پایش آلودگی هوا مانند ذرات معلق (PM_{10}) می‌تواند اطلاعاتی مربوط به کیفیت هوا و میزان انتشار آن را فراهم کند. کیفیت هوا به منابع طبیعی و انسانی همچون شرایط آب‌وهوایی بستگی دارد. مقادیر PM_{10} به طیف گسترده‌ای از منابع مانند انتشار گازهای آلاینده خودرو، فعالیت‌های صنعتی، خاک، باد، گردوغبار، اسپری دریا و سوختن زیست‌توده مربوط است [۷، ۸]. راشکی و همکاران در مطالعه‌ای کیفیت هوای شهر زاهدان را بر اساس شاخص AQI و تغییرات زمانی ذرات PM_{10} و $PM_{2.5}$ را بررسی کردند. نتایج بررسی‌های ایشان نشان داد بیشترین و کمترین مقدار آلودگی هوا به ترتیب در فصل تابستان و زمستان است که از این میان ۲۱ درصد روزهای سال هوای شهر زاهدان غیربهداشتی برای افراد حساس به گردوغبار و ۶/۶ درصد روزهای سال وضعیت هوا در گروه‌های غیربهداشتی، خیلی غیربهداشتی و خطرناک قرار گرفته است [۷]. در مطالعه‌ای دیگر راشکی و همکاران غلظت طوفان‌های گردوغبار منطقه سیستان و بار رسوبی حمل‌شده توسط آن‌ها را تجزیه و تحلیل کردند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها نشان داد غلظت طوفان‌های منطقه سیستان به مراتب بیشتر از غلظت استاندارد (۱۵۰ میکروگرم بر مترمکعب) بوده و غلظت ذرات گردوغبار در طوفان‌ها به ۶۰ برابر استاندارد یعنی ۹۰۰۰ میکروگرم بر مترمکعب رسیده است [۷]. اردکانی و همکاران (۱۳۸۵) در تحقیقی، کیفیت بهداشتی هوای تهران را با استفاده از شاخص AQI سنجیدند و مشخص کردند که در آن سال ۲۷۳ روز کیفیت هوا در حد استاندارد نبوده است [۹]. خراسانی و همکاران در مطالعه‌ای کیفیت هوا در شهرهای تهران و اصفهان را در سال ۱۳۷۸ بررسی و مقایسه کردند. در این مطالعه مشخص شد با توجه به شاخص محاسبه‌شده غلظت آلاینده‌ها ۳۲۹ روز در شهر تهران و ۳۴ روز در شهر اصفهان از حد استاندارد تجاوز کرده است [۱۰].

در مطالعه نظری و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی تغییرات زمانی غلظت PM_{10} در کرمانشاه، تیر ماه حداکثر غلظت و دی ماه حداقل

مقدار را به خود اختصاص دادند [۱۱]. Braniš و همکاران اثرات فعالیت‌های انسانی را بر کیفیت هوای داخلی و بیرونی یک کلاس درس از طریق اندازه‌گیری غلظت ذرات PM_{10} ، $PM_{2.5}$ و PM_1 بررسی کردند. نتایج بررسی‌ها حاکی از آن است که کسری از مقادیر ذرات داخلی ارتباط مستقیمی با غلظت PM_{10} بیرونی و با سرعت باد ارتباط غیرمستقیم دارد که نشان‌دهنده سطوحی از نفوذ ذرات بیرونی به داخل است [۱۲].

Lipfert در مطالعه‌ای رابطه آلودگی هوا و میزان بستری‌شدن به علت عوارض قلبی عروقی، تنفسی، سرطان و دیابت را بررسی کرد. در این خصوص ارتباط بین ذرات معلق (PM_{10} ، $PM_{2.5}$) و دی‌اکسید نیتروژن با عوارض ذکرشده به‌طور ویژه بررسی شد. نتایج بیانگر وجود ارتباط آماری معنی‌دار بود، به‌طوری‌که ارتباط آلاینده‌ها با شاخص‌های قلبی عروقی، عملکرد ریه، علائم تنفسی و وزن کم هنگام تولد بیشتر از موارد بروز بیماری، حملات قلبی و اختلالات عصبی بود [۱۳].

منطقه مطالعه‌شده در این پژوهش شهر زابل در جنوب شرقی ایران با جمعیتی معادل ۶۰۰ هزار نفر بود. آب‌وهوای این منطقه خشک و نیمه‌خشک، میزان بارندگی ۶۰ میلی‌متر در سال و دمای سالانه ۲۸ درجه سانتی‌گراد است. زابل از میان انواع مخاطرات طبیعی، با توجه به موقعیت جغرافیایی و وضعیت آب‌وهوایی خاص خود همواره از وقوع دو پدیده اقلیمی یعنی خشک‌سالی و طوفان گردوخاک در امان نبوده است. قرارگیری این شهرستان در عرض‌های پایین و دوربودن از محدوده اثر جبهه‌های مدیترانه‌ای نسبت به سایر نقاط کشور سبب شده است این منطقه رطوبت کمتری داشته باشد و در نتیجه همواره با خطرات و عوارض ناشی از خشک‌سالی و طوفان گردوخاک مواجه باشد.

طوفان‌های گردوغبار به‌طور پیوسته در منطقه سیستم رخ می‌دهد. وزش بادهای ۱۲۰ روزه از خرداد تا شهریور که گاهی دامنه آن خیلی بیشتر می‌شود، با همراهی خاک ریزدانه غیرمقاوم نسبت به فرسایش بادی، درجه حرارت و تبخیر زیاد، پوشش

گیاهی اندک، خشک‌سالی‌های دوره‌ای و عوامل متعدد انسانی باعث فرسایش شدید خاک و وقوع طوفان‌هایی همراه با ذرات گردوغبار می‌شود [۷]. نکته بسیار مهم این است که طوفان‌های گردوغبار رخ داده در ۱۰ سال اخیر در این منطقه از نظر ویژگی‌هایی از قبیل غلظت، اندازه ذرات معلق در طوفان، تداوم دوره زمانی، تعداد دفعات وقوع، وسعت و منطقه تحت تأثیر و زمان طوفان از موارد مشابه قبلی متمایز است [۱۴]. به‌طوری‌که نتایج مطالعه Goudie و Middleton (۲۰۰۰) نشان داد بیشترین فراوانی طوفان‌های گردوغبار جنوب غرب آسیا در حوزه سیستمات اتفاق می‌افتد. آنان تعداد ۸۱ روز طوفانی در سال را برای منطقه سیستمات محاسبه کردند. همچنین گزارش دادند که در منطقه سیستمات بیشتر از ۳۰ روز در سال طوفان گردوغبار اتفاق می‌افتد [۱۵].

با توجه به اینکه ذرات معلق، اثرات منفی بسیاری بر سلامتی انسان‌ها و گیاهان و همچنین نقش بسیار مهمی در تغییرات آب‌وهوای جهانی دارند، در مطالعه حاضر تغییرات غلظت ذرات PM_{10} در شهر زابل بررسی شد. با توجه به اینکه بادهای ۱۲۰ روزه که از اواخر اردیبهشت آغاز می‌شود و تا اواخر شهریور ادامه دارد، مهم‌ترین عامل افزایش غلظت ذرات معلق در شهر زابل را می‌توان به همین پدیده نسبت داد. لذا در این تحقیق، فصولی از سال بررسی شد که با پدیده بادهای ۱۲۰ روزه منطقه سیستمات در ارتباط هستند. به عبارت دیگر، مطالعه حاضر با هدف بررسی تغییرات ماهانه و فصلی غلظت PM_{10} در فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان طی دوره ده ساله انجام شد.

روش کار

در مطالعه حاضر اندازه‌گیری غلظت ذرات گردوغبار (PM_{10}) در دوره زمانی ۱۰ ساله از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ با استفاده از دستگاه‌های ایستگاه ثابت پایش آلودگی هوای محیط‌زیست شهرستان زابل (N:31 15 54.7, E:61 42 58.4) انجام شد که در

جدول ۱: نقاط شکست AQI

طبقه بندی کیفیت هوا	AOI	نقاط شکست					
		NO ₂ (ppm) یک ساعته	SO ₂ (ppm) ۲۴ ساعته	CO(ppm) ۸ ساعته	PM ₁₀ (μg/m ³) ۲۴ ساعته	PM _{2.5} (μg/m ³) ۲۴ ساعته	O ₃ (ppm) یک ساعته
خوب	۵۰-۰	۰/۰۰-۰/۵۳	۰/۰۰-۰/۰۳۴	۰/۰-۴/۴	۵۴-۰	۰/۰-۱۵/۴	-
متوسط	۱۰۰-۵۱	۰/۵۴-۰/۱	۰/۰۳۵-۰/۱۴۴	۴/۵-۹/۴	۱۵۴-۵۵	۱۵/۵-۳۵/۰	-
ناسالم برای گروه‌های حساس	۱۵۰-۱۰۱	۰/۱۰۱-۰/۳۶۰	۰/۱۴۵-۰/۲۲۴	۹/۵-۱۲/۴	۲۵۴-۱۵۵	۳۵/۱-۶۵/۴	۰/۱۲۵-۰/۱۶۴
ناسالم	۲۰۰-۱۵۱	۰/۳۶۱-۰/۶۴۰	۰/۲۲۵-۰/۳۰۴	۱۲/۵-۱۵/۴	۳۵۴-۲۵۵	۶۵/۵-۱۵۰/۴	۰/۱۶۵-۰/۲۰۴
خیلی ناسالم	۳۰۰-۲۰۱	۰/۶۵-۱/۲۴	۰/۳۰۵-۰/۶۰۴	۱۵/۵-۳۰/۴	۴۲۴-۳۵۵	۱۵۰/۵-۲۵۰/۴	۰/۲۰۵-۰/۴۰۴
خطرناک	۴۰۰-۳۰۱	۱/۲۵-۱/۶۴	۰/۶۰۵-۰/۸۰۴	۳۰/۵-۴۰/۴	۵۰۴-۴۲۵	۲۵۰/۵-۳۵۰/۴	۰/۴۰۵-۰/۵۰۴
	۵۰۰-۴۰۱	۱/۶۵-۲/۰۴	۰/۸۰۵-۱/۰۰۴	۴۰/۵-۵۰/۴	۶۰۴-۵۰۵	۳۵۰/۵-۵۰۰/۴	۰/۵۰۵-۰/۶۰۴

(۱) در بیشتر مناطق AQI بر اساس مقادیر ازن هشت ساعته گزارش می‌شود؛ اما در برخی از مناطق AQI بر اساس مقادیر ازن یک ساعته به احتیاط نزدیکتر است. در این شرایط AQI می‌بایست هم برای مقادیر ازن ۸ ساعته و هم برای مقادیر ازن یک ساعته محاسبه شود و هر کدام بیشتر بود گزارش شود.

(۲) وقتی غلظت ازن هشت ساعته از ۳۷۴ ppm / فراتر رود، مقدار AQI ۳۰۱ یا بالاتر باشد. با استفاده از ازن یک ساعته محاسبه می‌شود.

$$Ip = (I_{Hi} - I_{Lo} / BP_{Hi} - BP_{Lo})(C_p - BP_{Lo}) + I_{Lo} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه Ip شاخص کیفیت هوا برای آلاینده P، Cp غلظت اندازه‌گیری شده آلاینده P، BPHi نقطه شکستی که بزرگ‌تر یا مساوی Cp است، BPLO نقطه شکستی که کوچک‌تر یا مساوی CP است، IHi مقدار AQI منطبق با BPHi و ILo مقدار AQI منطبق با BPLO است.

بر اساس استاندارد هوای پاک ارائه شده از سوی آژانس حفاظت محیط‌زیست آمریکا و مقایسه مقادیر به دست آمده با استانداردهای موجود، طبقه‌بندی روزهای مختلف در دوره مطالعه شده مشخص شد [۱۶].

یافته‌ها

در طول دوره مطالعه شده که ۱۰ سال بود، بیشترین و کمترین میانگین غلظت ذرات اندازه‌گیری شده بر حسب PM₁₀ به ترتیب

جنوب دریاچه هامون مستقر بود. ایستگاه پایش آلودگی هوا در استان سیستان و بلوچستان، شهرستان هیرمند، بخش تخت عدالت واقع شده است. آنالایزر سنجش ذرات گردوغبار مدل BAM1020 مستقر در ایستگاه پایش آلودگی هوای سیستان به صورت خودکار هر یک ساعت میزان غلظت ذرات گردوغبار را اندازه‌گیری می‌کند؛ بنابراین، در هر شبانه‌روز ۲۴ داده به دست می‌آید و میانگین این ۲۴ عدد به عنوان مقدار غلظت ذرات گردوغبار همان روز اعلام می‌شود. این ایستگاه غلظت ذرات گردوغبار با قطر کمتر از ۱۰ میکرون را در دوره زمانی یک ساعته اندازه‌گیری می‌کند. داده‌های ایستگاه با استفاده از نرم‌افزار Excel به غلظت‌های ماهانه، فصلی و سالیانه تبدیل شدند. در مرحله بعدی داده‌های به دست آمده با استفاده از رابطه (۱) و استانداردهای مندرج در جدول ۱ به مقادیر AQI تبدیل شود. به مقادیر معادل AQI تبدیل شد. در پایان نتایج به دست آمده به منظور تعیین کیفیت هوای شهرستان زابل بر اساس شاخص استاندارد کیفیت هوا (AQI) تجزیه و تحلیل شدند.

جدول ۲: حداکثر، حداقل و میانگین غلظت ذرات با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) و شاخص کیفیت هوای شهرستان زابل در فصل بهار در ده سال اخیر

سال	حداکثر روزانه		حداقل روزانه		میانگین ماهانه	
	PM_{10}	AQI	PM_{10}	AQI	PM_{10}	AQI
۱۳۸۹	---	---	---	---	---	---
۱۳۹۰	۱۸۷۵	Out of rang	۴۰	۳۷	۳۳۵	۱۹۱
۱۳۹۱	۱۳۸۴	Out of rang	۳۵	۳۲	۴۷۴	۳۶۲
۱۳۹۲	۱۶۱۳	Out of rang	۲۰	۱۹	۴۱۶	۲۶۲
۱۳۹۳	۳۳۹۸	Out of rang	۱۸	۱۷	۵۴۳	۴۳۹
۱۳۹۴	۲۵۴۲	Out of rang	۳۸	۳۳	۵۷	۴۸
۱۳۹۵	۱۷۵۸	Out of rang	۴۳	۴۰	۲۴۸	۱۴۹
۱۳۹۶	۱۹۰۱	Out of rang	۳۳	۲۹	۲۲۹	۱۳۸
۱۳۹۷	۱۶۶۷	Out of rang	۱۴	۱۳	۱۵۱	۹۹
۱۳۹۸	۱۵۷۲	Out of rang	۱۴	۱۳	۱۱۵	۸۱

(مطابق جداول ۲ تا ۶)، مقادیر ۴۹۳۲ میکروگرم بر مترمکعب در

مرداد ۱۳۹۵ و ۲ میکروگرم بر مترمکعب در اسفند ۱۳۹۷ بوده است. جزئیات بررسی‌ها در هر سال، بیشترین و کمترین میانگین غلظت ذرات اندازه‌گیری شده برحسب PM_{10} را برای سال ۸۹ به ترتیب ۳۰۹۳ و ۱۳ میکروگرم بر مترمکعب، سال ۹۰ به ترتیب ۲۴۴۷ و ۱۳ میکروگرم بر مترمکعب، سال ۹۱ به ترتیب ۲۱۵۱ و ۱۷ میکروگرم بر مترمکعب، سال ۹۲ به ترتیب ۴۲۲۰ و ۱۸ میکروگرم بر مترمکعب، سال ۹۳ به ترتیب ۴۳۱۱ و ۱۳ میکروگرم بر مترمکعب، سال ۹۴ به ترتیب ۴۰۵۰ و ۱۰ میکروگرم بر مترمکعب، سال ۹۵ به ترتیب ۴۹۳۲ و ۳ میکروگرم بر مترمکعب، سال ۹۶ به ترتیب ۳۳۹۱ و ۵ میکروگرم بر مترمکعب، سال ۹۷ به ترتیب ۳۸۲۰ و ۲ میکروگرم بر مترمکعب و سال ۹۸ به ترتیب ۲۴۶۹ و ۴ میکروگرم بر مترمکعب نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان داد بیشترین مقدار غلظت ذرات معلق مربوط به فصل تابستان و به دلیل وزش بادهای فصلی ۱۲۰ روزه سیستان و بستر خشک دریاچه هامون است و با کاهش میزان وزش بادهای و افزایش نزولات جوی در فصل زمستان شاهد کمترین مقدار غلظت

جدول ۳: حداکثر، حداقل و میانگین غلظت ذرات با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) و شاخص کیفیت هوای شهرستان زابل در فصل تابستان در ده سال اخیر

سال	حداکثر روزانه		حداقل روزانه		میانگین ماهانه	
	PM_{10}	AQI	PM_{10}	AQI	PM_{10}	AQI
۱۳۸۹	۱۶۰۹	Out of rang	۱۲۷	۸۷	۶۶۰	Out of rang
۱۳۹۰	۲۴۴۷	Out of rang	۱۱۰	۷۸	۷۶۲	---
۱۳۹۱	۲۱۵۱	Out of rang	۸۹	۶۷	۸۰۱	Out of rang
۱۳۹۲	۳۵۵۳	Out of rang	۶۴	۵۵	۱۰۸۳	Out of rang
۱۳۹۳	۳۶۷۱	Out of rang	۱۱۰	۷۸	۱۳۸۷	Out of rang
۱۳۹۴	۲۲۶۳	Out of rang	۴۵	۴۰	۱۷۷	۱۱۲
۱۳۹۵	۲۶۳۱	Out of rang	۶۵	۵۵	۳۲۱	۲۲۴
۱۳۹۶	۱۹۳۰	Out of rang	۲۷	۲۵	۲۹۰	۱۶۸
۱۳۹۷	۱۸۳۰	Out of rang	۱۳	۱۲	۲۷۱	۱۶۲
۱۳۹۸	۱۳۳۹	Out of rang	۱۶	۱۵	۵۹	۴۹

جدول ۴: حداکثر، حداقل و میانگین غلظت ذرات با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) و شاخص کیفیت هوای شهرستان زابل در فصل پاییز در ده سال اخیر

سال	حداکثر روزانه		حداقل روزانه		میانگین ماهانه	
	PM_{10}	AQI	PM_{10}	AQI	PM_{10}	AQI
۱۳۸۹	۳۰۹۳	Out of rang	۶۵	۵۶	۴۱۷	۲۹۰
۱۳۹۰	۱۲۶۰	Out of rang	۲۳	۲۱	۲۷۶	۱۶۱
۱۳۹۱	۱۴۶۳	Out of rang	۱۷	۱۶	۲۴۰	۱۴۳
۱۳۹۲	۴۱۴۳	Out of rang	۳۳	۳۱	۷۸۹	Out of rang
۱۳۹۳	۷۵۷	Out of rang	۲۰	۱۹	۱۲۷	۸۷
۱۳۹۴	۷۰۳	Out of rang	۲۰	۱۹	۲۷۸	۱۶۳
۱۳۹۵	۱۲۵۰	Out of rang	۱۲	۱۱	۱۴۶	۹۷
۱۳۹۶	۱۶۶۹	Out of rang	۱۱	۱۰	۱۳۸	۹۲
۱۳۹۷	۲۶۱۰	Out of rang	۱۴	۱۳	۱۷۲	۱۰۹
۱۳۹۸	۷۳۲	Out of rang	۵	۴	۵۰	۴۰

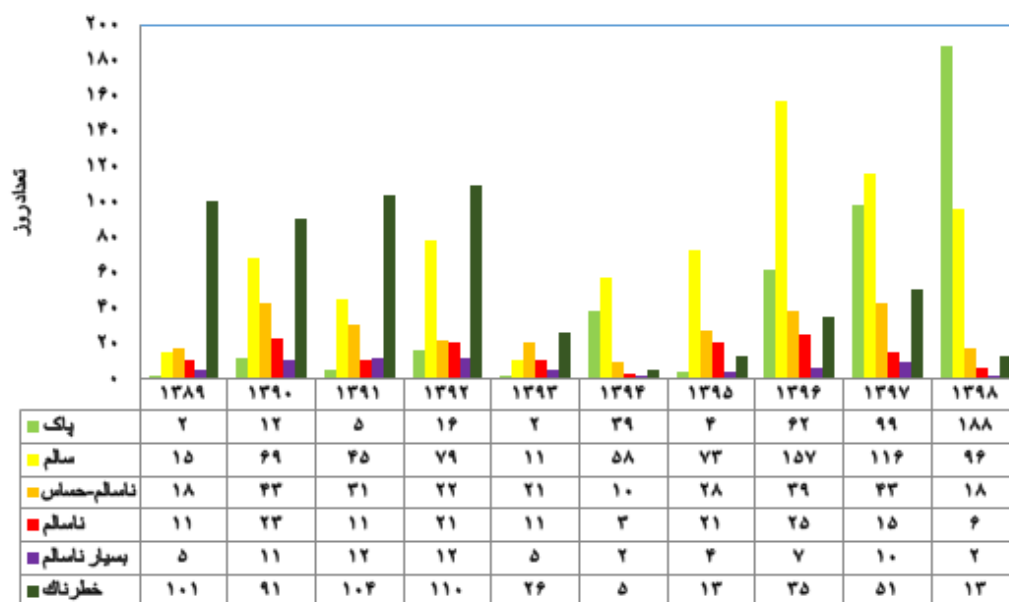
جدول ۵: حداکثر، حداقل و میانگین غلظت ذرات با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) و شاخص کیفیت هوای شهرستان زابل در فصل زمستان در ده سال اخیر

سال	حداکثر روزانه		حداقل روزانه		میانگین ماهانه	
	PM_{10}	AQI	PM_{10}	AQI	PM_{10}	AQI
۱۳۸۹	۲۶۹۸	Out of rang	۱۳	۱۲	۱۳۸	۹۲
۱۳۹۰	۱۵۷۷	Out of rang	۱۳	۱۲	۳۳۰	۱۸۸
۱۳۹۱	۱۷۸۳	Out of rang	۴۳	۴۰	۲۹۲	۱۶۹
۱۳۹۲	۴۲۲۰	Out of rang	۱۸	۱۷	۲۵۰	۱۹۷
۱۳۹۳	۶۳۵	Out of rang	۳۰	۲۷	۷۳	۶۰
۱۳۹۴	۳۹۱	۲۶۸	۱۶	۱۵	۹۸	۷۲
۱۳۹۵	۳۸۳۲	Out of rang	۵	۴	۱۷۳	۱۱۰
۱۳۹۶	۱۲۴۰	Out of rang	۵	۴	۱۲۸	۸۷
۱۳۹۷	۱۸۰۰	Out of rang	۶	۵	۸۶	۶۶
۱۳۹۸	۶۹۹	Out of rang	۶	۵	۴۶	۳۸

ذرات معلق هستیم. بر اساس شاخص استاندارد AQI به صورت فصلی و کل دوره وضعیت کیفی هوای شهرستان زابل طی سال‌های ۸۹ تا ۹۸ مطالعاتی در جداول ۲ تا ۶ و نمودار ۱ آمده است.

جدول ۶: حداکثر، حداقل و میانگین غلظت ذرات با قطر کمتر از ۱۰ میکرون (PM_{10}) و شاخص کیفیت هوای شهرستان زابل در ده سال اخیر

سال	حداکثر روزانه		حداقل روزانه		میانگین ماهانه	
	PM_{10}	AQI	PM_{10}	AQI	PM_{10}	AQI
۱۳۸۹	۳۰۹۳	Out of rang	۱۳	۱۲	۴۰۵	۲۷۳
۱۳۹۰	۲۴۴۷	Out of rang	۱۳	۱۲	۴۲۵	۳۰۱
۱۳۹۱	۲۱۵۱	Out of rang	۱۷	۱۶	۴۵۱	۳۳۴
۱۳۹۲	۴۲۲۰	Out of rang	۱۸	۱۷	۶۵۹	Out of rang
۱۳۹۳	۳۶۷۱	Out of rang	۱۸	۱۷	۵۳۲	Out of rang
۱۳۹۴	۲۵۴۲	Out of rang	۱۶	۱۵	۱۵۲	۹۸
۱۳۹۵	۲۳۶۷	Out of rang	۳۱	۲۷	۲۲۲	۱۴۵
۱۳۹۶	۱۹۳۰	Out of rang	۵	۴	۱۹۶	۱۲۱
۱۳۹۷	۲۶۱۰	Out of rang	۶	۵	۱۷۰	۱۰۹
۱۳۹۸	۱۵۷۲	Out of rang	۵	۴	۶۷	۵۲



نمودار ۱: وضعیت کیفی هوای شهرستان زابل طی سال‌های ۸۹ تا ۹۸ بر اساس شاخص استاندارد AQI

بحث و نتیجه گیری

بر اساس شاخص استاندارد کیفیت هوا (AQI) غلظت ذرات با قطر کمتر از ۱۰ میکرون نباید از ۱۵۰ میکروگرم بر مترمکعب تجاوز کند. طی دوره مطالعه میانگین غلظت سالانه PM_{10} از سال ۱۳۸۹ تا ۱۳۹۸ به ترتیب ۴۰۵، ۴۲۵، ۴۵۱، ۶۵۹، ۵۳۲، ۱۵۲، ۲۲۲، ۱۹۶، ۱۷۰ و ۶۷ میکروگرم بر مترمکعب بوده که در مواردی بیشتر از مقدار استاندارد است. بررسی شاخص کیفیت هوا (AQI) در این دوره زمانی نشان داد از ۲۱۸۷ روز بررسی شده، ۴۲۹ روز (۱۹ درصد) وضعیت هوا در محدوده خوب، ۷۱۹ روز (۳۲ درصد) وضعیت هوا در محدوده سالم، ۲۷۳ روز (۱۲ درصد) وضعیت هوا در محدوده ناسالم برای گروه‌های حساس، ۱۴۷ روز (۶ درصد) وضعیت هوا در محدوده ناسالم، ۷۰ روز (۳ درصد) وضعیت هوا در محدوده بسیار ناسالم و ۵۴۹ روز (۲۵ درصد) وضعیت هوا در محدوده خطرناک قرار گرفته است.

ذرات جوی به‌ویژه ذرات با قطر آبرودینامیکی کمتر از ۱۰ میکرون تهدید طولانی‌مدتی برای سلامتی انسان، مخصوصاً سیستم تنفسی محسوب می‌شود. غلظت زیاد ذرات PM_{10} می‌تواند زمینه‌ساز افزایش میزان مرگ و میر باشد [۱۷]. آژانس زیست‌محیطی اروپا داده‌های PM_{10} را به‌عنوان یکی از متغیرهای مرجع بررسی کیفیت هوای شهری به کار می‌برد [۱۵، ۱۸]. استانداردهای کنونی کیفیت هوا برای حفاظت از سلامتی انسان در بسیاری از مناطق شهری جهان است. اقدامات کنترلی برای کاهش منابع انسانی آئروسل‌های اولیه و ثانویه بسیار پرهزینه است، درحالی‌که این مسئله برای کاهش منابع طبیعی مثل گردوغبار، نمک دریا و غیره مشکل یا تقریباً غیرممکن است [۲۱-۱۹]. مطالعات زیادی نشان داده‌اند افزایش قابل توجه PM_{10} در مناطق شهری با طوفان‌های گردوغبار در ارتباط است [۱۵-۱۳]. به‌طور کلی ذرات گردوغبار به‌عنوان آلاینده اصلی هوای شهرستان زابل با منشأ طوفان‌های گردوغبار منطقه محسوب می‌شود.

بر اساس مطالعه اسلامی و همکاران (۱۳۹۰) در کرمانشاه در خصوص روند تغییرات غلظت PM_{10} طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۹۱، بیشترین غلظت این آلاینده در تیر ماه گزارش شده است و دلیل آن نیز کاهش رطوبت جو به دلیل افزایش دمای هوا و ورود ریزگردها از کشورهای همسایه بیان شده بود [۲۲]. درعین حال نتایج مطالعه خانی و همکاران (۱۳۹۸) پیرامون پایش و مدل‌سازی غلظت و شاخص کیفیت ذرات گردوغبار در هوای شهر گرگان با یافته‌های مطالعه حاضر همخوانی ندارد [۲۳].

بر طبق نتایج به‌دست آمده در طی دوره مورد مطالعه فقط ۵۳ درصد روزها در محدوده وضعیت کیفی خوب قرار داشته و ۴۷ درصد روزهای مورد مطالعه به‌طور کلی در وضعیت کیفی ناسالم قرار داشته است که یکی از دلایل مهم آن پدیده گرد و غبار ناشی از خشک‌سالی‌های متوالی در کل منطقه، کاهش نزولات جوی و کم‌شدن حجم آب ورودی از رودخانه هیرمند به تالاب بین‌المللی هامون بوده است. در این رابطه علت افزایش روزهای پاک در سال ۹۸ نسبت به دیگر سال‌ها بهبود وضعیت کیفی هوای منطقه سیستان به خاطر افزایش ورود سیلاب از افغانستان به منطقه سیستان و کاهش نقاط و کانون‌های بحرانی گرد و غبار منطقه به‌دلیل آبگیری وسیع تالاب هامون بوده است. خشک‌سالی‌های اخیر و عدم پایداری افغانستان‌ها به قرارداد ۱۳۵۱ دولت ایران و افغانستان مبنی بر آزادسازی ۲۶ متر مکعب آب در هر ثانیه در رودخانه هیرمند و ضعف روابط دیپلماتیک دولت ایران در حل این معضل، جملگی باعث شد تا امروز شاهد وقوع بحران‌های زیست‌محیطی در حوزه سیستان باشیم. خشک‌سالی در یک دوره زمانی طولانی مدت بیش از دو دهه در این منطقه اتفاق افتاده است که بر این اساس آثار شدید پدیده گرد و غبار در منطقه بروز نموده است. باتوجه به غلظت بسیار بالای گرد و غبار در استان سیستان و بلوچستان به‌خصوص منطقه سیستان، همچنین اثرات مضر گرد و غبار بر سلامت ساکنین این مناطق لزوم تحقیق بیشتر و پیگیری مسئولان در رفع این معضل زیست

محیطی آشکارتر می گردد.

قدردانی

محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران گرفته شده است. نویسندگان بر خود لازم می دانند از حمایت مادی و معنوی این واحد و اداره کل حفاظت محیط زیست سیستان و بلوچستان تشکر و قدردانی کنند.

مقاله حاضر از پایان نامه مقطع دکتری گروه مدیریت

References

1. Reed L, Nugent K. The health effects of dust storms in the Southwest United States. *Southwest Respir Crit Care Chron* 2018; 6(22): 42-6.
2. Demiri A, Mohammadifar A, Alian M, Eshtiaq A. Investigation of spatial pattern of suspended particles less than 2.5 micrometers in Tehran province using a definite and geostatistical model. 3rd National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd, Iran; 2013.
3. Terradellas E, Nickovic S, Zhang XY. Airborne dust: a hazard to human health, environment and society. *Boletín Organ Meteorol Mund* 2015; 64(2): 44-8.
4. Lin YK, Chen CF, Yeh HC, Wang YC. Emergency room visits associated with particulate concentration and Asian dust storms in metropolitan Taipei. *J Expos Sci Environ Epidemiol* 2016; 26(2): 189-96.
5. Wilson AM, Salloway JC, Wake CP, Kelly T. Air pollution and the demand for hospital services: a review. *Environ Int* 2004; 30(8): 1109-18.
6. Harrison RM, Jones AM, Lawrence RG. Major component composition of PM10 and PM2.5 from roadside and urban background sites. *Atmosp Environ* 2004; 38(27): 4531-8.
7. Rashki A, Ganjali M, Derakhshani A, Mirshekar R. Investigation of dust storm concentrations in Sistan region and sediment load carried by them. Second National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, Yazd, Iran; 2011 [In Persian].
8. Traczyk P, Gruszecka-Kosowska A. The condition of air pollution in Kraków, Poland, in 2005–2020, with health risk assessment. *Int J Environ Res Public Health* 2020; 17(17): 6063.
9. Sobhan AS, Esmaeili SA, Cheraghi M, Ghasempouri M, Tayebi L. Determining Tehran's air quality in 2004 using air quality index (AQI). *J Environ Sci Technol* 2006; 8(4): 33-8 [In Persian].
10. Khorasani N, Cheragali M, Nadafi K, Karami M. survey and comparison of Tehran and Isfahan air quality in 1378 and representation of improvement methods. *Iran J Natl Recour* 2003; 55(4): 559-67 [In Persian].
11. Nazari Z, Khorasani N, Feiznia S, Karami M. Investigation of temporal variations of PM10 concentration and influence of meteorological parameters on it during 2005-2010. *J Natl Environ* 2013; 66(1): 101-11 [In Persian].
12. Braniš M, Řezáčová P, Domasová M. The effect of outdoor air and indoor human activity on mass concentrations of PM10, PM2.5, and PM1 in a classroom. *Environ Res* 2005; 99(2): 143-9.
13. Lipfert FW. Long-term associations of morbidity with air pollution: A catalog and synthesis. *J Air Waste Manag Assoc* 2018; 68(1): 12-28.
14. Zahraei A. Analysis of the trend and modeling of dust storms in Khuzestan province in the warm period of the year. The First International Congress on The Phenomenon of Dust and Dealing with its Harmful Effects, University of Ramin Agriculture and Natural Resources, Khuzestan, Iran; 2011 [In Persian].
15. Goudie AS, Middleton NJ. Dust storms in south west Asia. *Acta Univ Carolinae* 2000; Suppl: 73-83.
16. United States Environmental Protection Agency. Guideline for Reporting of daily air quality: air quality index, environmental protection agency. Washington, DC: United States Environmental Protection Agency; 2006. P. 17
17. Roy D, Seo YC, Kim S, Oh J. Human health risks assessment for airborne PM10-bound metals in Seoul, Korea. *Environ Sci Pollut Res* 2019; 26(23): 24247-61.
18. Rashki A, Rautenbach CD, Eriksson PG, Kaskaoutis DG, Gupta P. Temporal changes of particulate concentration in the ambient air over the city of Zahedan, Iran. *Air Qual Atmosp Health* 2013; 6(1): 1-11.

- 123-35.
19. Sutton MA, Dragosits U, Theobald MR, McDonald AG, Nemitz E, Blyth JF, et al. The role of trees in landscape planning to reduce the impacts of atmospheric ammonia deposition. *Landscape ecology of trees and forests. Proceedings of the Twelfth Annual IALE (UK) Conference, Cirencester, UK, 2004.* P. 143-50.
20. Theobald M, Milford C, Hargreaves KJ, Sheppard LJ, Nemitz E, Tang YS, et al. AMBER: Ammonia mitigation by enhanced recapture. Impact of vegetation and/or other on-farm features on net ammonia emissions from livestock farms. Final Report on Project WA0719 to DEFRA (Land Management Improvement Division). Penicuik, United Kingdom: CEH Edinburgh; 2004.
21. Tiwary A, Morvan HP, Colls JJ. Modelling the size-dependent collection efficiency of hedgerows for ambient aerosols. *J Aerosol Sci* 2006; 37(8): 990-1015.
22. Eslami A, Atafar Z, Pirsaeheb M, Asadi F. Trends of particulate matter (PM10) concentration and related Air Quality Index (AQI) during 2005-2012 in Kermanshah, Iran. *J Health Field* 2014; 2(1):19-28 [In Persian].
23. Khani MR, Dadban Shahamat Y, Shahidi Z, Kor Y. Monitoring and modeling of the concentration and quality index of dust particles in the air of Gorgan city in 1396. *J Health Res Community* 2019; 5(1): 79-94 [In Persian].