FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

Journal of Environmental Sciences Studies (JESS)
Volume 10 , Number 4 , Winter (2026)

Journal Homepage: www.jess.ir
Print ISSN: 2588-6851 Online ISSN: 2645-520X

# Evaluation of the Omran Khaseh production asphalt plant's effects on the air quality- A case study in Zanjan Province

**Azadeh Tavakoli[1*]; Matin Enayat pour[2]**

[*]1. Faculty of Civil Engineering, University of Zanjan, Zanjan, Iran
2. Faculty of Science, University of Zanjan, Zanjan, Iran
[*]Email Address: atavakoli@znu.ac.ir

**Article Info**

**Article Type:**
Research Paper

**Article History:**

Received Date:
**2025/10/12**
Revised Date:
**2025/11/24**
Accepted Date:
**2025/12/20**
Published Date:
**2026/01/28**

**Keywords:**
Modelling,
Air Pollution,
SCREEN3,
Asphalt Plant,
Zanjan.

**ABSTRACT**

In recent years, air pollution has emerged as one of Iran's most pressing environmental issues, and the industry is mostly to blame for this problem. The Omran Khaseh Asphalt Factory in Khoramdareh-Zanjan Province has had its air pollution emission patterns measured and examined in this study. The nearby village has complained and expressed discontent with this industry's operations. In this industry, measurements were made of the concentrations of air pollutants (CO, NO, $NO_2$, $SO_2$, $NO_x$, and TSP) that were released from the stack and at the height at which workers breathe (the workplace). The concentrations of contaminants were computed in various atmospheric stability classes and up to a distance of 5 km using the SCREEN3 model, which has been certified by the US Environmental Protection Agency. To gain a better understanding of the emission situation, the maximum allowable emission values in this set of industries have also been investigated. According to the study's findings, the production site's gaseous pollutant concentration was almost negligible, the $PM_{2.5}$ concentration ranged between 0.003-0.662, and the $PM_{10}$ concentration ranged between 0.005-0.2342 mg/m³. The highest concentrations of all pollutants in classes associated with unstable situations (A to C) occur close to the stack, while the highest concentrations in stable conditions (E and F) occur farther from the stack (2141-3538 m). On the other hand, stable classes increase the likelihood of pollution transfer to neighboring residential areas by preventing dilution at initial distances and maintaining high concentrations farther from the stack. Overall, according to the model's output, this industry does not present a significant concern to Palace's air quality; however, employees of the company occasionally encounter elevated levels of suspended particles.

**Cite this article:** Azadeh Tavakoli , Matin Enayat pour(2026) , Evaluation of the Omran Khaseh production asphalt plant's effects on the air quality- A case study in Zanjan Province , Journal of Environmental Sciences Studies , 10(4) , Pages 10824 – 10835.

## EXTENDED ABSTRACT


### Introduction

The asphalt production industry is one of the important industries in Iran. Due to the high concentration of pollutants emitted from stacks and its proximity to residential areas, it requires evaluation and study in the field of air pollution. Surface emission sources in asphalt production include trenches, conveyors, conveyor belts, and roads within the plant. Point emission sources from the process also include stacks, boilers, combustion from the incineration system, and the asphalt plant stack. The present study attempts to evaluate the impact of the activities of an asphalt production industry on air pollution. The concentration of exhaust from the stack, measurement of the level of PMs in the industrial environment, and modelling of emissions are among the most important goals of this study.

### Materials and methods

To measure the pollutants emitted from the stack of Omran Khaseh asphalt plant, two instruments were utilized: the OPTHMA7 MRU and the Vastech ISO 9096. The OPTHMA7 MRU, measured the concentrations of $SO_2$, $NO_2$, CO, and NO gases emitted from the stack. The Vastech was employed to quantify the amount of total suspended particles (TSP) released from the stack. Additionally, an Aeroqual Series 500 device was used to measure particulate matter concentrations of sizes 2.5 and 10 micrometres ($PM_{2.5}$ & $PM_{10}$) at the industrial site. Measurements were taken at various locations, considering the presence of personnel and workers. A modelling process was implemented to analyze the dispersion patterns of air pollutants. For this analysis, the SCREEN3 model, approved by the US Environmental Protection Agency (EPA), was utilized.

### Results and discussion

The model of the distribution and dispersion of ambient concentrations of TSP and their spatial variations under different stability conditions shows that in stability classes A, B, and C, the maximum concentration occurs at a distance of about 281 to 619 meters from the stack, while for stability classes D, E, and F, it occurs at further distances (1130 - 3538 meters). Based on the annual wind pattern of the region, 91% of the prevailing winds in the study area are generally westerly, northern, and northeastern. Therefore, the transfer of pollution to the west, north, and northeast is possible, and considering the location of the factory (northeast of the village), the possibility of pollutants spreading towards the village and residents' dissatisfaction is not far-fetched. In all cases, the compounds and pollutants emitted from the stack of the factory are lower than the standard values for the stack output of this group of industries. In the next step, the exhaust values from the stack were compared with the clean air standards of Iran. As a result of this comparison, it was determined that the concentration of gases emitted in all cases is far lower than the permitted and recommended limits. Regarding particles, the standards are based on particle size ($PM_{2.5}$ and $PM_{10}$), and measurements from the factory on the suspended particle scale (TSP) do not allow for direct comparison. In the last part of this study, the measured values of the concentration of particles ($PM_{2.5}$ and $PM_{10}$) at the workplace of workers in this industry were examined. The concentrations emitted are far higher than environmental standards, but since the emissions occurred instantaneously and, based on natural mechanisms, the dispersion of particles occurs in the short term, it is not possible to compare the numbers with environmental standards. Based on the possibility of breathing suspended particles or particles entering the eyes of people, it is necessary to reduce the level of emissions as much as possible and, on the other hand, to use and require the use of appropriate safety equipment such as respirators and safety glasses for employees and personnel involved.

### Conclusion

In conclusion, it can be stated that there is a possibility of the emission of suspended particles in the village area, and based on the emission from the stack and the direction and speed of the prevailing wind, this possibility is not far-fetched. It is suggested that, to address this problem, appropriate spacing should be considered between industries and residential areas, and that the prevailing wind direction of the region be taken into account in the location of the industry in a precise and long-term manner. In addition, the requirement to use pollutant control equipment along with continuous monitoring can play an effective role in improving the air quality in the environment.

مجله مطالعات علوم محیط زیست
جلد ۱۰ ، شماره ۴
Journal Homepage: www.jess.ir
شاپای چاپی: 2588-6851 شاپای الکترونیکی: 2645-520X

FANPAYA
Knowledge Based Company
(PUBLISHERS)

# ارزیابی تاثیر فعالیت کارخانه آسفالت عمران و تولیدی خاصه بر کیفیت هوای منطقه- مطالعه موردی استان زنجان

آزاده توکلی [۱*]، متین عنایت‌پور [۲]

*۱-گروه مهندسی عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
۲-گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
*ایمیل نویسنده مسئول: atavakoli@znu.ac.ir

**اطلاعات مقاله**

**نوع مقاله:**
مقاله علمی پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۴/۰۷/۲۰
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۴/۰۹/۰۳
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۴/۰۹/۲۹
تاریخ انتشار:
۱۴۰۴/۱۱/۰۸

**کلید واژه ها:**
مدل‌سازی،
آلودگی هوا،
SCREEN3،
کارخانجات آسفالت،
زنجان.

**چکیده**

آلودگی هوا در سال‌های اخیر به یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط‌زیستی در کشور ایران تبدیل شده است و صنایع نقش بسزایی در ایجاد این معضل دارند. پژوهش حاضر به سنجش و الگوی انتشار آلاینده‌های هوا از کارخانه آسفالت عمران خاصه- شهرستان خرمدره، استان زنجان پرداخته است. فعالیت این صنعت موجب احساس نارضایتی و شکایاتی از جانب روستای مجاور شده است. غلظت آلاینده‌های اصلی و معیار (CO، NO، $NO_2$، $SO_2$، $NO_x$ و TSP) منتشر شده از دودکش و در ارتفاع تنفسی (محل کار کارگران) در این صنعت مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. با استفاده از مدل مورد تایید سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا، SCREEN3، غلظت آلاینده‌ها تا فاصله ۵ کیلومتری و در کلاس‌های مختلف پایداری جوی محاسبه شد. همچنین مقادیر بیشینه مجاز انتشار در صنایع این گروه برای درک بهتر وضعیت انتشار بررسی شده است. نتایج این بررسی نشان داد غلظت آلاینده‌های گازی در محل کارخانه نزدیک به صفر، غلظت ذرات معلق سایز ۲/۵ در محدوده ۰/۶۶۲-۰/۰۰۳ و غلظت ذرات معلق سایز ۱۰ در محدوده ۲/۳۴۲-۰/۰۰۵ میلی‌گرم بر مترمکعب اندازه‌گیری شد. در همه موارد و برای همه آلاینده‌ها، بیشینه غلظت در کلاس‌های مربوط به شرایط ناپایدار (A تا C) در نزدیکی دودکش و برای شرایط پایدار (E و F) در فواصل دورتری از دودکش (۲۱۴۱ -۳۵۳۸ متری) رخ می‌دهد. در مقابل، کلاس‌های پایدار باعث می‌شوند رقیق‌سازی در فواصل ابتدایی رخ ندهد و مقادیر بالایی از غلظت تا فاصله دورتری از دودکش ادامه یابند و در این موارد احتمال انتقال آلودگی به مناطق مسکونی مجاور افزایش می‌یابد. در مجموع و براساس نتایج خروجی مدل انجام شده، این صنعت خطر جدی از منظر آلودگی هوا برای روستای پالاس ندارد ولی کارگران شرکت در مواردی با غلظت‌های بالای ذرات معلق مواجه هستند.

**ناشر:** انتشارات فن پایا

DOI: 10.22034/jess.2025.552940.2414

## ۱-مقدمه

در سال‌های اخیر آلودگی هوا به یک معضل جدی در کشور ایران تبدیل شده است که می‌تواند بر کیفیت زندگی افراد آسیب رسانده، اکوسیستم‌های طبیعی را تخریب، بهره‌وری اقتصادی را تحت تاثیر قرار داده و خسارت‌های قابل توجهی بر پیکره جامعه در پی داشته باشد. براساس گزارش اردیبهشت‌ماه مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، خسارت ناشی از آلودگی هوا در سال ۱۴۰۲ نزدیک به ۱۲ میلیارد دلار براورد شده است که با احتساب هزینه‌های درمانی این رقم به ۲۳ میلیارد دلار (۵ درصد تولید ناخالص داخلی) نیز برآورد می‌شود. در این بازه زمانی تعداد ۳۰۶۹۲ مورد مرگ زودرس در ۵۷ شهر با مجموع جمعیت تقریبی ۴۸ میلیون نفر گزارش شده است (مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی، ۱۴۰۴). بخشی از معضل آلودگی هوا، به ویژه در کلان شهرها، به موضوع حمل و نقل و منابع متحرک نسبت داده می‌شود. استفاده از سوخت‌های نامناسب و بی کیفیت نیز در حوزه نیروگاهی و تولید برق، به ویژه در فصول سرد سال، در آلودگی هوا دخیل هستند. گروه دیگری از منابع تاثیرگذار در کیفیت هوا صنایع هستند که در نتیجه مکان‌یابی نامناسب، نزدیکی به مناطق مسکونی و عدم استفاده از فناوری پایش و کنترل آلودگی هوا منجر به تشدید این معضل محیط‌زیستی می‌شوند. صنعت تولید آسفالت یکی از صنایع مهم کشور ایران است که با توجه به غلظت بالای آلاینده‌های خروجی از دودکش، مجاورت با مناطق مسکونی و فعالیت تعداد زیادی پرسنل در این صنعت، نیازمند ارزیابی و مطالعه در حوزه آلودگی هوا می‌باشد. راه‌ها در قالب زیرساخت یکی از شیوه‌های چندگانه حمل و نقل و به‌عنوان شریان‌های حیاتی هر کشوری به‌شمار می‌روند که سهم قابل توجهی از جابه‌جایی بار و مسافر از طریق آن‌ها صورت می‌پذیرد. لایه فوقانی روسازی بسیاری از راه‌های درون شهری و برون شهری، از جنس آسفالت است و بخش قابل توجهی از وضعیت خدمت‌دهی راه به کیفیت لایه آسفالت برمی‌گردد. آسفالت به‌طور ۱۰۰ درصد قابل بازیافت بوده و بیش‌ترین ماده ساخت و ساز بازیافت شده می‌باشد. در این میان نقش کارخانه‌های تولید آسفالت از دو وجه مهم است، کیفیت محصول تولید شده یعنی همان مخلوط آسفالتی و دیگری میزان انتشار آلاینده‌ها است. ماهیت تولیدی و ترکیب آسفالت و همچنین استفاده از سوخت‌های فسیلی نامرغوب از منابع مهم و غیر قابل جبران تولید آلودگی این صنعت شناخته می‌شود (قمی اویلی و شعبانی کاکرودی، ۱۳۹۷). ساخت جاده‌های شهری و هم‌چنین تعمیر و نگهداری آن‌ها اغلب نیاز به استفاده از فناوری بتن آسفالتی گرم دارد. اما این فناوری با خشک کردن مواد غیرفلزی مانند ماسه، شن، پودر معدنی و هم‌چنین حرارت دادن قیر همراه است. علاوه بر این، این فرآیند با انتشار گرد و غبار و کربن، از جمله کربن مولکولی بالا همراه است که بر محیط‌زیست تأثیر منفی می‌گذارد (Rajput and Bajaj, 2011). این تأسیسات هم دارای منبع انتشار نقطه‌ای و هم سطحی هستند. منابع انتشار سطحی در تولید آسفالت شامل سنگر، نوار نقاله، تسمه‌های نقاله و جاده‌های داخل کارخانه می‌شود. منشأ فرآیند منابع انتشار نقطه‌ای نیز شامل دودکش، دیگ بخار، احتراق حاصل از سیستم سوزاندن و دودکش کارخانه آسفالت است (Bingül and Altıkat, 2020). بر طبق بیانیه آژانس فدرال حفاظت محیط زیست (EPA)، تاسیسات ساخت آسفالت و پردازش آن منابع اصلی و خطرناک آلاینده‌های هوا از قبیل فرمالدئید، هگزان، فنل، مواد آلی چند حلقه‌ای و تولوئن هستند و قرارگرفتن در معرض این سموم ممکن است باعث سرطان، مشکلات سیستم عصبی مرکزی، آسیب‌های کبدی، مشکلات تنفسی و سوزش پوست شود. ذرات معلق و گرد و غبار از جمله مهم‌ترین ترکیبات آلاینده هوای ناشی از فعالیت واحدهای تولید آسفالت هستند. تقریباً به ازای هر تن آسفالت تولیدی حدود ۳۰۰ مگاژول انرژی مصرف می‌شود و ۲۸/۸ کیلوگرم گاز کربن دی‌اکسید وارد جو می‌شود (López et al., 2019؛ Almeida-Costa & Benta, 2016). ذرات و گازهای تولید شده در فعالیت‌های کارخانه عمدتاً در ارتباط با سرند، اقدامات مخزن ذخیره‌سازی کوره دوار خشک‌کن، میکسر، عوامل آلاینده محوطه کارخانه و بارگیری محصولات می‌باشد. مصالح سنگی (مواد اولیه) مورد استفاده در تهیه آسفالت که در سایزهای مختلف در سیلوها انبار شده‌اند، در برج جمع‌آوری می‌شوند و سپس به مخزن تکمیلی هدایت شده تا در مراحل بعدی مورد استفاده قرار گیرد. فیلر لازم جهت تهیه بتن آسفالتی به وسیله دستگاه‌های بالا برنده به مخلوط‌کن وارد می‌شود تا استفاده گردد. مخلوط‌کن دارای دریچه‌هایی بوده که می‌توان مقدار و دانه بندی آن را کنترل کرد. مصالح سنگی که در طول مسیر خارج شده‌اند توسط بالا برنده‌ها و نوار نقاله به کوره می‌روند. دو عمل بسیار مهم یعنی گرم کردن و خشک کردن مصالح توسط خشک‌کن انجام می‌گیرد و هر چه قدر درجه حرارت محیط پایین‌تر و رطوبت مصالح به کار رفته بیشتر باشد، مدت زمانی که طول می‌کشد تا مصالح سنگی کاملاً خشک و گرم شود بیشتر شده و دمای آن به ۱۳۰–۱۷۰ درجه سلسیوس می‌رسد. خشک‌کن کارخانه آسفالت یک استوانه فولادی است که در جدار داخلی آن تعدادی پره وجود دارد که با حرکت دورانی استوانه حول محور خود، این پره‌ها مصالح سنگی را در میان هوای داغ و شعله‌های آتش قرار می‌دهد. این مصالح در اثر حرکت‌های دورانی دستگاه خشک‌کن از قسمت دهانه ورودی به سمت دهانه خروجی حرکت کرده و در حین حرکت گرم می‌شود. در عین حال دانه‌های ریز و درشت که توسط سرندها از هم جدا شده‌اند و بصورت جدا در سیلوهای مصالح که تعدادشان ما بین ۲ تا ۴ عدد می‌باشد، ذخیره می‌گردند. در انتهای خروجی خشک‌کن وسیله مکنده‌ای است که گرد و غبار ناشی از حرکت مصالح را مکیده و به برج غبارگیر هدایت می‌کند. این مواد با نسبت قیر مذاب بطور مداوم توسط تلمبه بادی قابل تنظیم وارد مخلوط‌کن می‌شوند. مخلوط‌کن آسفالت از دو نیم استوانه فلزی متصل به یکدیگر تشکیل می‌شود که هر یک مجهز به محوری هستند که در خلاف جهت یکدیگر می‌چرخند و به کمک پره‌هائی که در طول این دو محور قرار دارند، مصالح سنگی و قیر را مخلوط می‌کند و در نهایت محصول نهایی (آسفالت) تولید می‌گردد. در سال‌های اخیر مطالعاتی در داخل و خارج از کشور با هدف ارزیابی سطح آلودگی صنایع و کارخانجات

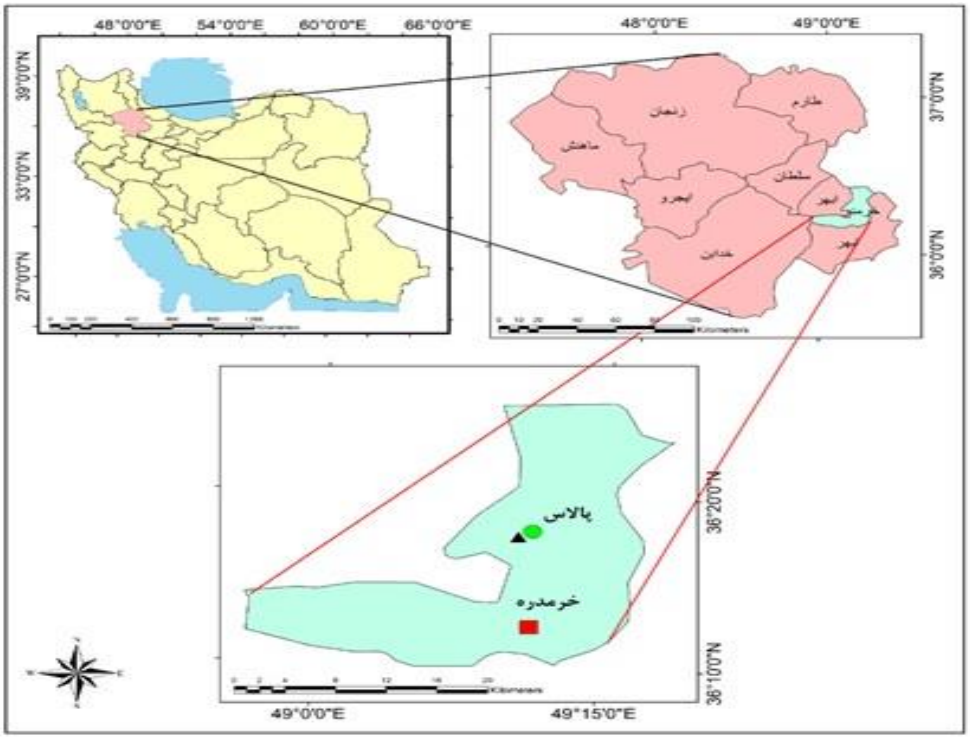
تولید آسفالت صورت گرفته است. مدل‌سازی انتشار آلاینده‌های هوا از کارخانه آسفالت و دستگاه سنگ‌شکن محور سراب- بستان آباد موضوع مقاله اشرفی و همکاران (۱۳۹۲) بود. در این پژوهش غلظت آلاینده‌ها براساس مدل AERMOD پیش‌بینی و نسبت به استانداردهای موجود مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. در پژوهش دیگری به بررسی آلودگی‌های محیطزیستی کارخانه آسفالت تهران- پردیس پرداخته شد. در تخمین صدای انتشار یافته از کارخانه و آنالیز گازهای خارج شده از کارخانه مشخص شد که آلایندگی کارخانه بالاتر از حد استاندارد سازمان حفاظت محیطزیست می‌باشد (چیت‌سازان و روزبهانی محمدی، ۱۳۹۲). اخگری و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهش خود به بررسی اثرات مواجهه با مواد شیمیایی و تاثیرات آن بر عملکرد برخی از آنزیم‌های کبدی در کارگران کارخانه آسفالت شهر تهران پرداختند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان‌دهنده افزایش معنی‌دار تست‌های کبدی در کارگران کارخانه آسفالت بود که می‌تواند ناشی از مواجهه با این مواد باشد. در پژوهشی به بررسی آلودگی‌های محیطزیستی کارخانه آسفالت ره‌گستر ارجمند پرداخته شد. به‌صورت کلی نتایج این پژوهش نشان داد که کارخانه آسفالت ره‌گستر ارجمند از لحاظ رعایت استانداردهای محیطزیستی از وضعیت مطلوبی برخوردار است (قمی اویلی و شعبانی کاکرودی ۱۳۹۷). در پژوهشی به بررسی عوامل محیطی تاثیرگذار بر سطح جاده و پیامدهای آن از منظر انتشار آلاینده‌های هوا و کاهش حد رویت پرداخته شد. نتایج حاکی از آن بود که میزان درخشندگی سطح جاده با متوسط عمق بافت درشت رابطه معکوس داشته و طول زمان انباشتگی بر سطح جاده با تاثیر حاصل، در ارتباط است (داوری و همکاران، ۱۳۹۸). یزدی و همکاران در پژوهشی به مدل‌سازی پراکنش ذرات معلق ($PM_{2.5}$ & $PM_{10}$) خروجی از کارخانه‌های آسفالت در منطقه جنوب غرب تهران با استفاده از مدل AERMOD برای متوسط زمانی ۲۴ ساعته و یک ساله تا شعاع ۵۰ کیلومتری از مجتمع پرداختند، که نتایج نشان داد بیشترین میزان غلظت ذرات معلق در داخل مجتمع معدنی بوده که با فاصله گرفتن از مجتمع از میزان آن ها به تدریج کاسته می شود. پراکندگی ذرات در جهت بادهای غالب به صورت یکنواخت بوده و بیشینه غلظت های ذرات معلق در بازه زمانی ۲۴ ساعته به ترتیب در شهر قدس، شهریار، اندیشه و مرکز تهران بوده است (زهتاب یزدی و همکاران، ۱۴۰۰). فرآیند مدل‌سازی توسط SCREEN View موضوع پژوهشی بود که در آن عملکرد کارخانه سیمان زاوه مورد بررسی و میزان انتشارها در کلاس‌های مختلف پایداری مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. در این پژوهش آلاینده های مختلفی مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت تحلیل ها نشان داد با توجه به ارتفاع زیاد دودکش پری هیتر و دمای بالای گاز خروجی، آلاینده ها تا فاصله قابل توجهی در هوا توزیع و رقیق سازی مناسبی حاصل می شود. این در حالی است که در دودکش های آسیاب و سیلوی سیمان در پراکنش ذرات معلق دچار مشکل هستند (ذوالفقاری و همکاران، ۱۴۰۰). ادوری و همکاران در تحقیق خود به ارزیابی آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های موجود در کارخانه آسفالت گرم مخلوط در بندر هارکورت، ایالت ریورز و نیجریه پرداختند. تجزیه و تحلیل فاکتور غنی‌سازی، تأثیر جدی انسانی بر محتوای فلز خاک را نشان داد. نتایج به دست آمده از ایستگاه‌ها در این مطالعه همراه با ارزیابی‌های مختلف تحلیلی نشان داد که فعالیت‌های انسانی از عوامل اصلی انتشار فلزات سنگین در خاک‌های مورد بررسی هستند (Edori et al., 2021). در پژوهش دیگری ۱۵ کارخانه تولید آسفالت گرم در هند از منظر انتشار آلاینده‌های گازی و ذرات معلق مورد مطالعه قرار گرفت و مشخص شد این انتشار ۲ تا ۹۴ درصد بر کاهش کیفیت هوای محیط تاثیرگذار است (Kharat, 2022). در مطالعه دیگری شش سناریو مختلف انتشار ناشی از فعالیت صنایع تولید آسفالت و تردد خودروها در جاده‌های ناهموار در کشور برزیل و از طریق مدل AERMOD مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفت و بر شناسایی نقش منابع انتشار تاکید شد (Basso Dos Santos et al., 2025). ارزیابی تاثیرات زیست محیطی کارخانجات تولید آسفالت بر محیط آبی، خاک و هوای منطقه موضوع پژوهشی بود که در طی آن سه کارخانه با ظرفیت های تولید مختلف و راندمان مختلف پاکسازی مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت. براساس نتایج، کارخانه‌هایی با ظرفیت تولید بالاتر، بارهای زیست‌محیطی به‌طور قابل‌توجهی بیشتری ایجاد می‌کنند. همچنین، ارتقاء واحدهای تصفیه گاز، اجرای نظارت مداوم بر کیفیت آب و احیای خاک‌های آسیب‌دیده برای کاهش تأثیرات منفی ضروری است (Shestakov et al., 2025). با این مقدمه در پژوهش حاضر تلاش شده است تاثیر فعالیت یکی از صنایع تولید آسفالت در شهرستان خرم‌دره- استان زنجان در حوزه آلودگی هوا مورد ارزیابی قرار گیرد. غلظت خروجی از دودکش، اندازه‌گیری سطح ذرات معلق در محیط صنعت و مدل‌سازی انتشارها از مهم‌ترین اهداف این پژوهش به‌شمار می رود.

## ۲-روش انجام تحقیق

- **محدوده مورد مطالعه**

استان زنجان شامل ۸ شهرستان (زنجان، خدابنده، ابهر، ماهنشان، طارم، خرم‌دره، ایجرود و سلطانیه) است. در این میان، شهرستان خرم‌دره در ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۵ دقیقهٔ طول شرقی نصف‌النهار مبدأ و ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی خط استوا قرار گرفته است و از یک بخش مرکزی، دو دهستان و یک شهر تشکیل شده است. شهرستان خرم‌دره در قسمت جنوبی استان زنجان واقع شده و از شمال به استان قزوین، از شرق و غرب به شهرستان ابهر و از جنوب به شهرستان خدابنده محدود می‌شود و منطقه‌ای کوهستانی محسوب می‌شود. مساحت شهرستان ۴۰۷ کیلومتر مربع و بر طبق آمارگیری سال ۹۵ این شهرستان دارای جمعیت ۶۰۴۹۹ نفر است که

معادل ۱۵۳۴۳ خانوار می‌باشد. کارخانه آسفالت عمران خاصه در ۸ کیلومتری شهرستان خرم‌دره و ۴ کیلومتری شهر هیدج واقع شده است. فاصله این صنعت تا روستای پالاس برابر ۱۱۰۰ متر، تا باغات اطراف روستای پالاس ۷۰۰ متر و تا روستای الوند ۲ کیلومتر می‌باشد. در شکل ۱ به‌ترتیب موقعیت استان زنجان در نقشه ایران، موقعیت شهرستان خرم‌دره، روستای پالاس و کارخانه مورد بررسی نشان داده شده است. در تحلیل گلبادهای فصلی منطقه در بازه زمانی مورد مطالعه، جهت وزش باد غالب در شهرستان خرم‌دره در فصل بهار عموماً شمال و شمال‌غربی و در منطقه مورد مطالعه مسیر باد غرب و شمال غربی می‌باشد. در این فصل ۴۳/۲۲ درصد از بادها آرام و مابقی دارای سرعت ۲/۶۴ m/s بود. جهت وزش بادهای غالب در فصل تابستان، عموماً شمال شرقی است. براساس تحلیل گلباد منطقه، ۴۲ درصد بادها آرام و ۲۶ درصد بادها با سرعت ۱۰ m/s به سمت شمال شرق است. در فصل پاییز ۵۴/۱۰ درصد بادها آرام و مابقی با سرعت ۱/۶۲ m/s و جهت وزش باد غالب عموماً شمال شرقی بوده است. جهت باد زمستانی منطقه نیز غالباً شمال غربی بوده و ۴۵/۴ درصد از بادها آرام و مابقی با سرعت ۲/۲۴ m/s مشاهده شد.




**شکل ۱. نقشه موقعیت خرم‌دره و کارخانه آسفالت عمران خاصه**

- **روش نمونه برداری و اجرای پژوهش**

فعالیت کارخانه تولید آسفالت (عمران خاصه) در سال‌های اخیر موجبات نارضایتی و شکایت روستای مجاور، پالاس، را فراهم کرده است. بنابراین، این پژوهش براساس اندازه‌گیری میزان آلاینده‌های خروجی از کارخانه تولید آسفالت عمران خاصه در چند نوبت، مدل‌سازی انتشارها و مقایسه نتایج اندازه‌گیری شده با استانداردها و ضوابط زیست‌محیطی صورت گرفت تا بتوان تاثیر آلاینده‌های این صنعت بر کیفیت هوای منطقه را مورد تحلیل و بررسی قرار داد. علاوه بر این، اندازه‌گیری غلظت آلاینده‌های کلیدی این صنعت، در محل فعالیت کارخانه انجام شد تا تاثیر ناشی از آلودگی ذرات معلق بر پرسنل و کارگران مشغول در مجموعه نیز بررسی شود. در سنجش آلاینده‌های خروجی از دودکش دو دستگاه OPTHMA7 MRU و Vastech ISO 9096 مورد استفاده قرار گرفت. دستگاهOPTHMA7 MRU (ساخت کشور آلمان) مجهز به آنالیز داخلی گازها بوده و با روش الکتروشیمیایی گازهای خروجی را قرائت می‌کند. پراب دستگاه در محل نمونه‌برداری قرار داده می‌شود و پس از تثبیت دما (کاهش نوسانات) میزان گاز خروجی قرائت شده توسط دستگاه ثبت گردید. این دستگاه سنسورهای اندازه‌گیری درصد اکسیژن، اکسیژن مرجع، کربن دی‌اکسید، کربن دی‌اکسید حداکثر، کربن منوکسید، نیتروژن منوکسید، نیتروژن دی‌اکسید، اکسیدهای نیتروژن، گوگرد دی‌اکسید، هیدروکربن‌ها، هیدروژن سولفید، دمای محیطی، دمای جریان خروجی، هیدروژن، راندمان احتراق خالص، راندمان احتراق ناخالص و ضریب لاندا را دارا می‌باشد. غلظت گازهای $SO_2$، $NO_2$، CO و NO خروجی از دودکش، توسط این دستگاه اندازه‌گیری شد. دستگاه Vastech (ساخت کشور انگلستان) جهت اندازه‌گیری و تعیین میزان ذرات معلق خروجی از دودکش (TSP) مورد استفاده قرار گرفت. سنجش غلظت ذرات خروجی از دودکش کارخانه با استفاده از روش وزن‌سنجی و براساس استاندارد ISO 9096 انجام گرفت. پس از نمونه گیری، فیلتر توسط آون (در دمای ۱۰۵ $^{o}C$) و دسیکاتور رطوبت‌گیری شده و سپس وزن‌سنجی می‌شود. اختلاف وزن اولیه و ثانویه فیلتر در کنار حجم گاز مورد بررسی، مبنای تعیین غلظت ذرات معلق قرار می‌گیرد. برای اندازه‌گیری

غلظت ذرات معلق سایز ۲/۵ و ۱۰ ($PM_{2.5}$ & $PM_{10}$) در محل فعالیت صنعت از دستگاه Aeroqual Series 500 (ساخت کشور نیوزلند) استفاده شد. اندازه‌گیری در نقاط مختلف و براساس حضور پرسنل و کارگران مشغول فعالیت انجام شد. ارتفاع نمونه‌برداری فاصله ۱/۵ متری از سطح زمین (ارتفاع تنفسی) انتخاب شد تا تاثیر میزان مواجه افراد با ذرات معلق در محیط کار مورد ارزیابی قرار گیرد. علاوه بر غلظت آلاینده‌ها، پارامترها و ویژگی‌های دودکش نیز جهت مدل‌سازی گردآوری شد. در گام بعدی جهت تعیین الگوی پخش و پراکنش آلاینده‌های هوا از فرآیند مدل‌سازی استفاده شد. برای این منظور از مدل مورد تایید سازمان حفاظت محیطزیست آمریکا (EPA)، مدل SCREEN3 استفاده شد. از آنجایی که شرایط پایداری جوی می‌تواند بر میزان انتشار آلاینده‌های هوا مستقیماً تاثیرگذار باشد، کلیه کلاس‌های پایدار جوی (A تا F) در شرایط مدل‌سازی منظور و موقعیت وقوع غلظت بیشینه در مسیر انتشار مشخص شد. در پایان غلظت‌های بدست آمده با سطوح مجاز و پیشنهادی ارایه شده توسط سازمان حفاظت محیطزیست و دیگر نهادهای ذی‌ربط مورد تحلیل و مقایسه قرار گرفت.

## ۳- نتایج

اندازه‌گیری غلظت گازهای آلاینده (CO، NO، $NO_2$، $SO_2$ و $NO_x$) و ذرات معلق (TSP) خروجی از دودکش کارخانه تولید آسفالت و نیز اندازه‌گیری محیطی ذرات معلق ($PM_{2.5}$ & $PM_{10}$) در کارخانه تولید آسفالت انجام شد. همچنین از مدل SCREEN3 برای تعیین الگوی پخش و پراکنش آلاینده‌های هوا استفاده شد. اطلاعات مرتبط با ویژگی‌های دودکش کارخانه در جدول ۱ ارایه شده است. در جداول شماره ۲ و ۳ نیز مقادیر غلظت آلاینده‌های خروجی از دودکش و دیگر پارامترهای مورد اندازه‌گیری ارایه شده است.

**جدول ۱. اطلاعات دودکش کارخانه آسفالت عمران خاصه**

| ویژگی | مقدار |
|---|---|
| قطر | ۱۱۰ سانتی‌متر |
| ارتفاع | ۳۰ متر |
| دمای گاز خروجی | ۴۴/۲ درجه سلسیوس |
| سرعت گاز خروجی | ۹/۲۰ متر بر ثانیه |

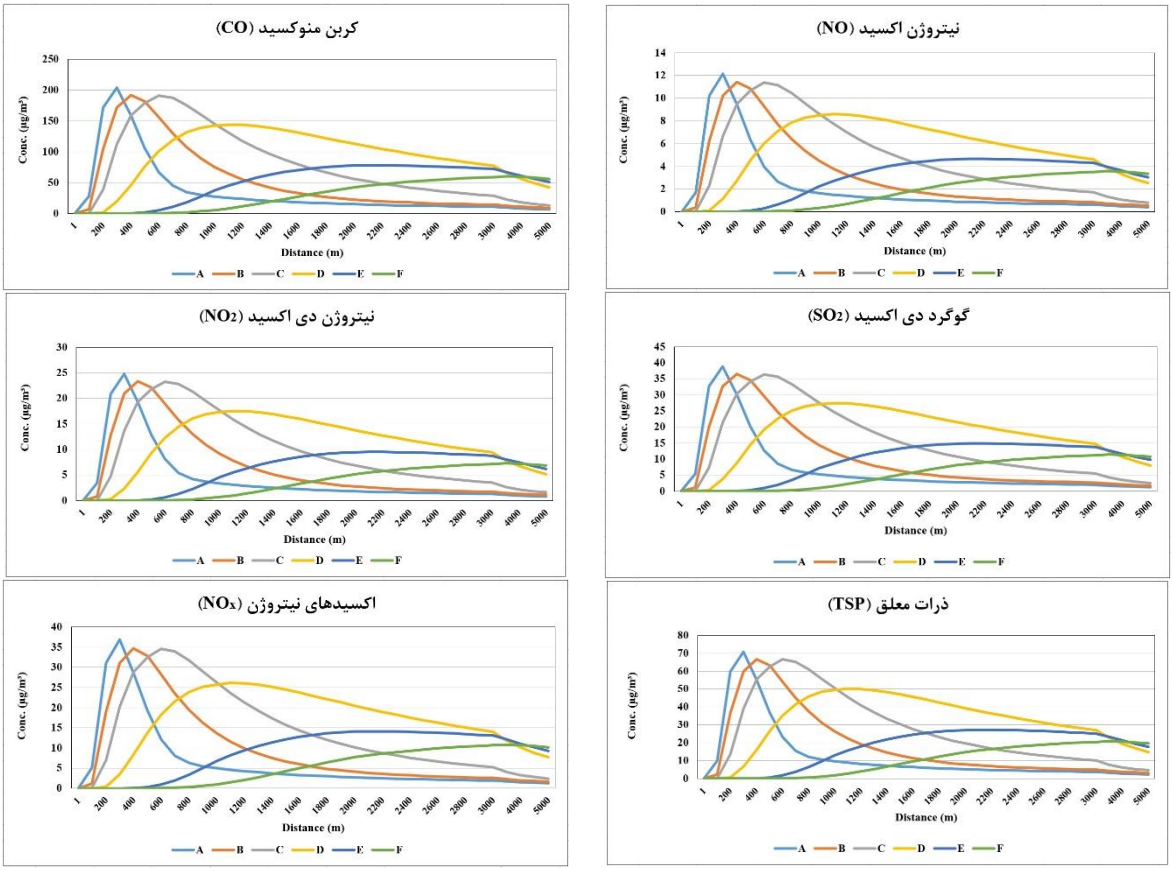
**جدول ۲. نتایج سنجش گازهای خروجی دودکش کارخانه آسفالت عمران خاصه- MRU Optima**

| | $O_2$ | $CO_2$ | CO | NO | $NO_2$ | $NO_x$ | $SO_2$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ٪ | ٪ | mg/m³ | mg/m³ | mg/m³ | mg/m³ | mg/m³ |
| خروجی دودکش | ۱۹/۵ | ۲/۱ | ۱۳۵/۰۰ | ۸/۰۴ | ۱۶/۴۳ | ۲۴/۴۶ | ۲۵/۷۱ |
| غلظت تصحیح شده ($O_{2ref}$ = 15%) | – | – | ۵۶۸/۹۳ | ۳۳/۸۶ | ۶۹/۲۳ | ۱۰۳/۱۰ | ۱۰۸/۳۷ |
| استاندارد | – | – | ۶۰۰ | – | – | ۱۰۰۰ | ۱۸۰۰ |

**جدول ۳. نتایج سنجش ذرات خروجی دودکش کارخانه آسفالت عمران خاصه- Vastech ISO 9096**

| | DK | Ta | Tg | Vg | Dust weight | Dust Wet | Dust Dry |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | cm | °C | °C | m/s | mg | mg/m³ | mg/m³ |
| خروجی دودکش | ۱۱۰ | ۲۹/۸ | ۴۴/۲ | ۹/۲۰ | ۶/۲ | ۸۱/۱۷ | ۱۹۷/۹۹ |
| میزان استاندارد | – | – | – | – | – | – | ۲۰۰ |

داده‌های اندازه‌گیری و پارامترهای دودکش به‌عنوان ورودی به مدل SCREEN3 وارد شد و کلاس‌های مختلف پایداری جوی (A تا F) نیز برای تعیین شرایط آب و هوایی مختلف در مدل تغییر داده شد. جهت درک بهتر نتایج مدل‌سازی، که بیانگر مقادیر مختلف غلظت در فواصل مختلف از دودکش و تحت شرایط پایداری مختلف می‌باشد، نتایج به صورت نمودار در شکل ۲ نمایش داده شده است.




**شکل ۲. الگوی پراکنش آلاینده‌های هوا خروجی از دودکش کارخانه براساس نتایج مدل SCREEN3**

براساس خروجی‌های مدل، از نظر شکل ظاهری تفاوت محسوسی بین الگوی انتشار آلاینده‌های مختلف، کلاس‌های پایداری مختلف یا نقطه وقوع بیشینه غلظت مشاهده نمی‌شود. براساس داده‌های ورودی مدل، الگوی پراکنش برای همه آلاینده‌ها تا فاصله ۵ کیلومتری از محل دودکش کارخانه ترسیم شده است (محور افقی) اما، مقادیر غلظت (محور عمودی) براساس خروجی دودکش در نمودارها متفاوت می‌باشد. برای همه آلاینده‌های مورد بررسی نقطه وقوع بیشینه برای کلاس پایداری A در نزدیک‌ترین فاصله از دودکش (حدود ۲۸۱ متری) و برای کلاس‌های پایداری بعدی (به ترتیب B، C، D، E و F) به همین ترتیب در فواصل دورتری از دودکش به وقوع می‌پیوندد. به‌عنوان مثال، بیشینه غلظت برای آلاینده کربن منوکسید در کلاس پایداری A برابر ۲۰۵/۹ $\mu g/m^3$ (در فاصله ۲۸۱ متری از دودکش و در جهت باد منطقه) و برای کلاس‌های پایداری B، C، D، E و F غلظت بیشینه با مقادیری پایین‌تر، به ترتیب برابر ۱۹۲/۲ $\mu g/m^3$، ۱۹۱/۴، ۱۴۴/۲، ۷۸/۰۰ و۵۹/۸۳ مشاهده شده است. غلظت استاندارد برای بازه زمانی هشت ساعته این آلاینده براساس استاندارد هوای پاک ایران برابر ۱۰۰۰۰ $\mu g/m^3$ و برای بازه زمانی یک ساعته نیز استاندارد هوای پاک معادل ۴۰۰۰۰ $\mu g/m^3$ است. بنابراین میزان غلظت محیطی کربن منوکسید همواره کمتر از حدود مجاز قانون هوای پاک است. مدل پخش و پراکنش غلظت محیطی آلاینده گوگرد دی‌اکسید خروجی از دودکش کارخانه و تغییرات مکانی آن تحت شرایط پایداری مختلف نشان می‌دهد در کلاس‌های پایداری A، B، C وD بیشینه‌های غلظت در فاصله حدود ۲۸۱ تا۱۱۳۰ متری از دودکش و به ترتیب با غلظت‌هایی در حدود ۳۹/۲۳ $\mu g/m^3$، ۳۶/۶۲، ۳۶/۴۷، ۲۷/۴۸ پراکنده می‌شود. در حالی که برای کلاس پایداری E و F با مقادیر بیشینه پایین‌تر (۱۴/۸۶ $\mu g/m^3$ و۱۱/۴۰) و در فاصله حدود ۲۱۴۱–۳۵۳۸ متری از دودکش اتفاق می‌افتد. در بررسی آلاینده نیتروژن دی‌اکسید و تغییرات مکانی آن تحت شرایط پایداری مختلف، در کلاس‌های پایداری A، B و C بیشینه غلظت در فواصل ۲۸۱ تا ۶۱۹ متری از دودکش و با غلظت‌های ۲۵/۰۷ $\mu g/m^3$، ۲۳/۴۰ و ۲۳/۳۰ پراکنده می‌شود. در حالی که برای کلاس‌های پایداری D، E وF غلظت‌های ۱۷/۵۶ $\mu g/m^3$، ۹/۴۹۷ و ۷/۲۸۵ در فاصله‌های ۲۱۴۱–۳۵۳۸ متری از دودکش اتفاق می‌افتد. مدل پخش و پراکنش غلظت محیطی ذرات معلق و تغییرات مکانی آن تحت شرایط پایداری مختلف نشان می‌دهد در کلاس‌های پایداری A، B و C بیشینه غلظت در فاصله حدود ۲۸۱ الی ۶۱۹ متری از دودکش و برای کلاس‌های پایداری D، E و F در فواصل دورتر (۱۱۳۰ –۳۵۳۸ متری) اتفاق می‌افتد. براساس گلباد سالیانه منطقه، ۹۱ درصد بادهای غالب در منطقه مورد مطالعه عموماً غربی، شمالی و شمال شرقی هستند. بنابراین انتقال آلودگی به سمت غرب، شمال و شمال شرقی محتمل و با در نظر گرفتن موقعیت کارخانه، (شمال شرقی روستا) احتمال انتشار آلاینده‌ها به سمت روستا و نارضایتی ساکنان دور از انتظار نیست.

**جدول ۴. مقادیر بیشینه غلظت و محل وقوع آن براساس خروجی مدل SCREEN3**

| نام آلاینده | کلاس پایداری | موقعیت (m) | غلظت ($\mu g/m^3$) |
|---|---|---|---|
| CO | A | ۲۸۱ | ۲۰۵/۹ |
| | B | ۴۱۹ | ۱۹۲/۲ |
| | C | ۶۱۹ | ۱۹۱/۴ |
| | D | ۱۱۳۰ | ۱۴۴/۲ |
| | E | ۲۱۴۱ | ۷۸/۰۰ |
| | F | ۳۵۳۸ | ۵۹/۸۳ |
| $NO_x$ | A | ۲۸۱ | ۳۷/۲۹ |
| | B | ۴۱۹ | ۳۴/۸۱ |
| | C | ۶۱۹ | ۳۴/۶۷ |
| | D | ۱۱۳۰ | ۲۶/۱۲ |
| | E | ۲۱۴۱ | ۱۴/۱۳ |
| | F | ۳۵۳۸ | ۱۰/۸۴ |
| $SO_2$ | A | ۲۸۱ | ۳۹/۲۳ |
| | B | ۴۱۹ | ۳۶/۶۲ |
| | C | ۶۱۹ | ۳۶/۴۷ |
| | D | ۱۱۳۰ | ۲۷/۴۸ |
| | E | ۲۱۴۱ | ۱۴/۸۶ |
| | F | ۳۵۳۸ | ۱۱/۴۰ |
| TSP | A | ۲۸۱ | ۷۱/۶۵ |
| | B | ۴۱۹ | ۶۶/۸۹ |
| | C | ۶۱۹ | ۶۶/۶۱ |
| | D | ۱۱۳۰ | ۵۰/۱۸ |
| | E | ۲۱۴۱ | ۲۷/۱۵ |
| | F | ۳۵۳۸ | ۲۰/۸۲ |
| NO | A | ۲۸۱ | ۱۲/۲۷ |
| | B | ۴۱۹ | ۱۱/۴۵ |
| | C | ۶۱۹ | ۱۱/۴۰ |
| | D | ۱۱۳۰ | ۸/۵۹ |
| | E | ۲۱۴۱ | ۴/۶۴۷ |
| | F | ۳۵۳۸ | ۳/۵۶۵ |
| $NO_2$ | A | ۲۸۱ | ۲۵/۰۷ |
| | B | ۴۱۹ | ۲۳/۴۰ |
| | C | ۶۱۹ | ۲۳/۳۰ |
| | D | ۱۱۳۰ | ۱۷/۵۶ |
| | E | ۲۱۴۱ | ۹/۴۹۷ |
| | F | ۳۵۳۸ | ۷/۲۸۵ |

در بخش دیگری از پژوهش میزان انتشار از دودکش صنعت نسبت به مقادیر استاندارد مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. صنایع ایران براساس میزان آلایندگی به دو گروه درجه یک و دو تقسیم می شوند.

- معیار (استاندارد) درجه یک در مورد واحدهای جدید و واحدهایی اعمال می‌شود که استقرار آن‌ها با ضوابط استقرار سازمان محیطزیست مغایرت داشته باشد.
- معیار (استاندارد) درجه دو در مورد واحدهایی اعمال می‌شودکه استقرار آن‌ها با ضوابط یاد شده مطابقت دارد.

در مطالعه حاضر، در همه موارد ترکیبات و آلاینده‌های خروجی از دودکش کارخانه عمران خاصه از مقادیر استاندارد خروجی دودکش این گروه از صنایع پایین‌تر می‌باشد.

**جدول ۵. مقادیر غلظت خروجی دودکش‌های کارخانه آسفالت و مقایسه با حدود مجاز**

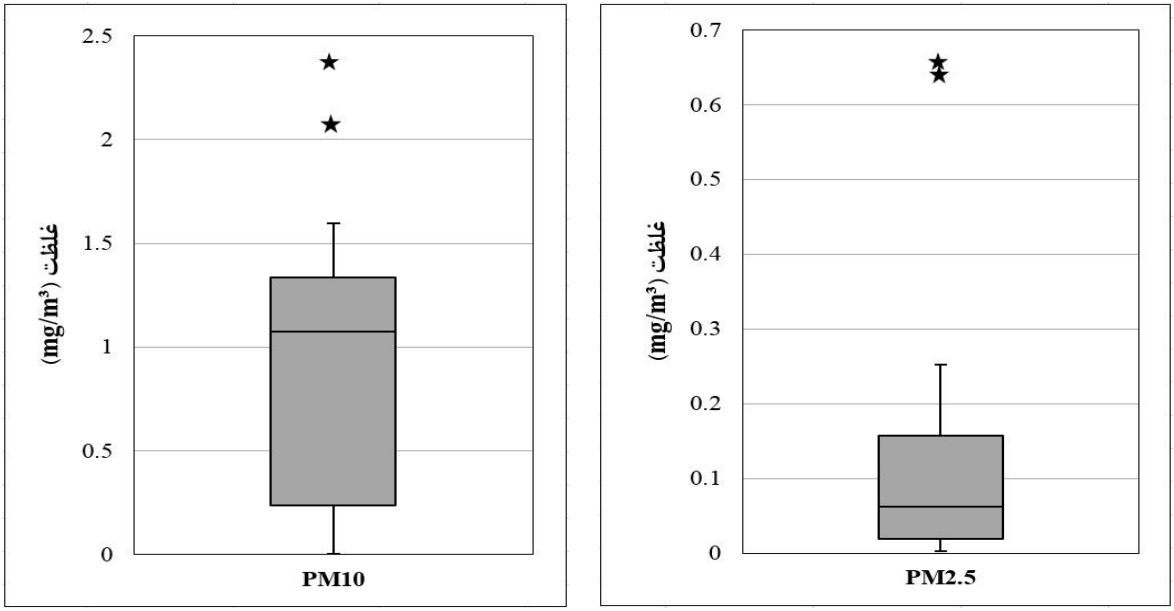
| منبع آلاینده | آلاینده | غلظت خروجی دودکش ($mg/Nm^3$) | حد مجاز انتشار | |
|---|---|---|---|---|
| | | | درجه ۱ | درجه ۲ |
| دودکش | TSP | ۷۱/۶۵ | ۱۰۰ | ۲۰۰ |
| | $SO_2$ | ۳۹/۲۳ | ۱۲۰۰ | ۱۸۰۰ |
| | $NO_x$ | ۳۷/۲۹ | ۷۰۰ | ۱۰۰۰ |
| | CO | ۲۰۵/۹ | ۴۰۰ | ۶۰۰ |

در گام بعدی لازم است مقادیر خروجی از دودکش با استانداردهای هوای پاک ایران (جدول ۶) مورد مقایسه قرار گیرد. در نتیجه این مقایسه مشخص شد که غلظت گازهای منتشر شده در همه موارد به مراتب پایین‌تر از حد مجاز و توصیه شده می‌باشد. در ارتباط با ذرات معلق نیز استانداردها براساس سایز ذرات ($PM_{2.5}$ و $PM_{10}$) و اندازه‌گیری از کارخانه بر مقیاس ذرات معلق (TSP) می‌باشد که امکان مقایسه مستقیم وجود ندارد.

**جدول ۶. مقایسه حدود مجاز آلاینده‌ها طبق قانون هوای پاک ایران (مصوب ۱۳۹۵) با بیشینه غلظت (براساس خروجی مدل)**

| آلاینده | بازه زمانی | استاندارد اولیه ($\mu g/m^3$) | بیشینه غلظت خروجی از دودکش ($\mu g/m^3$) |
|---|---|---|---|
| CO | حداکثر ۸ ساعته | ۱۰۰۰۰ | ۲۰۵/۹ |
| | حداکثر ۱ ساعته | ۴۰۰۰۰ | |
| $SO_2$ | حداکثر ۲۴ ساعته | ۳۹۵ | ۳۹/۲۳ |
| | حداکثر ۱ ساعته | ۱۹۶ | |
| $NO_2$ | حداکثر سالیانه | ۱۰۰ | ۲۵/۰۷ |
| | حداکثر ۱ ساعته | ۲۰۰ | |
| $PM_{10}$ | حداکثر سالیانه | – | ۷۱/۶۵ |
| | حداکثر ۲۴ ساعته | ۱۵۰ | |
| $PM_{2.5}$ | حداکثر سالیانه | ۱۲ | |
| | حداکثر ۲۴ ساعته | ۳۵ | |

در آخرین بخش این پژوهش به بررسی مقادیر اندازه‌گیری شده غلظت ذرات معلق ($PM_{2.5}$ و $PM_{10}$) در محل فعالیت کارگران این صنعت پرداخته شد. نمودار جعبه‌ای برای بررسی مقادیر اندازه‌گیری شده در شکل ۳ ارایه شده است. از آنجایی که انتشارهای صورت گرفته به صورت لحظه‌ای اتفاق افتاده است و براساس مکانیسم‌های طبیعی، در کوتاه مدت پخش و پراکنش ذرات صورت می‌گیرد، امکان مقایسه اعداد با استانداردهای محیطی وجود ندارد ولی براساس احتمال تنفس ذرات معلق و یا ورود ذرات به چشم افراد، باید تا حد امکان نسبت به کاهش سطح انتشارها و از طرفی استفاده و الزام به استفاده از تجهیزات ایمنی مناسب از قبیل ماسک تنفسی و عینک ایمنی برای کارکنان و پرسنل درگیر اقدام نمود.




**شکل ۳. توزیع ذرات معلق ($PM_{2.5}$ & $PM_{10}$) ناشی از فعالیت کارخانه در ارتفاع تنفسی کارگران**

## ۴- نتیجه‌گیری

پژوهش حا ضر با هدف ارزیابی غلظت آلاینده‌های هوا در محیط فعالیت یک کارخانه تولید آ سفالت و پیامدهای احتمالی انت شار در منطقه م سکونی مجاور این صنعت انجام شد. اندازه‌گیری مقادیر خروجی از دودکش، ا ستاندارد بودن سطح انت شارها برا ساس گروه فعالیتی این صنعت را تایید کرد. غلظت ذرات معلق در زمان فعالیت، بسیار بالا و می‌تواند اثرات بهدا شتی جدی برای پر سنل دا شته با شد. هرچند این مقادیر به صورت لحظه‌ای منتشر می‌شود و مکانیسم‌های طبیعی جو می‌تواند در کاهش غلظت و رقیق‌سازی آن تاثیر بسزایی داشته باشد ولی همچنان ا ستفاده از تجهیزات حفاظتی و اقدامات اولیه از قبیل آب‌پا شی برای کنترل انت شارها تو صیه می شود. با توجه به فا صله ۱/۱ کیلومتری روستای مورد مطالعه نسبت به کارخانه آسفالت، وقوع بیشینه غلظت در فاصله ۲۸۱ متری از کارخانه و مقایسه مقادیر انتشارها با ا ستاندارد هوای پاک ایران می‌توان ادعا کرد آلاینده‌های گازی به مراتب پایین‌تر از سطح ا ستاندارد و نگرانی از این بابت وجود ندارد اما در مورد ذرات معلق نمی‌توان با قطعیت اعلام نظر کرد. بخشی از این ابهام ناشی از متفاوت بودن آلاینده مورد بررسی است که در محل صنعت برا ساس TSP و در ا ستانداردهای هوای پاک برا ساس سایز ذرات ($PM_{2.5}$ و $PM_{10}$) مورد مطالعه قرار می‌گیرد. علاوه بر این، در مدل پیشنهادی EPA، SCREEN3 تفاوتی میان ذرات و آلاینده‌های گازی وجود ندارد و با در نظر گرفتن پارامترهای موثر بر انتشار، چگالی، اصطکاک لایه مرزی و ... این موضوع می‌تواند خطاهایی در الگوی انتشار این مدل پدید آورد. در پایان می‌توان این گونه نتیجه گرفت که احتمال انتشار ذرات معلق در منطقه روستا وجود دارد و براساس انتشار از دودکش، جهت و سرعت باد غالب، این احتمال دور از انتظار نمی‌باشد. پیشنهاد می‌شود برای رفع این مشکل در صورت امکان فاصله گذاری مناسبی مابین صنایع و مناطق مسکونی لحاظ شود و جهت باد غالب منطقه در مکان‌یابی صنعت به صورت دقیق و درازمدت مدنظر قرار گیرد. علاوه براین، الزام به استفاده از تجهیزات کنترل آلاینده‌ها در کنار پایش‌های مستمر، می‌تواند نقش موثری در بهبود کیفیت هوا در محیط داشته باشد.

## منابع


- Almeida-Costa, A., Benta, A. 2016. Economic and environmental impact study of warm mix asphalt compared to hot mix asphalt, Journal of Cleaner Production, Vol. 112, P. 2308-2317.
- Basso Dos Santos, M., Santini Baratto, N., Antunes Kelm, T., Pochmann de Souza, L., Padilha Thives, L. 2025. Air quality assessment through AERMOD model: a case study of an asphalt plant in Brazil, International Journal of Environmental Science and Technology, Vol. 22(9), P. 7519-7532.
- Bingül, Z. Altıkat, A. 2020. Environmental permit process on emissions of asphalt plant, Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A-Applied Sciences and Engineering, Vol 21(1), P. 106-113.
- Edori, E., Edori, O., Bekee, D. 2021. Some physicochemical properties of soils from three steel welding and fabrication workshops in Port Harcourt, Rivers State, Nigeria, Asian Review of Environmental and Earth Sciences, Vol. 8(1), P. 62-67.

- Kharat, D. S. 2022. Emissions from hot mix asphalt plants and their impact on ambient air quality, Water, Air, & Soil Pollution, Vol. 233(11), P. 464.
- López, C., González, A., Thenoux, G., Sandoval, G., Marcobal, J. 2019. Stabilized emulsions to produce warm asphalt mixtures with reclaimed asphalt pavements, Journal of cleaner production, Vol. 209, P. 1461-1472.
- Rajput, N. Bajaj, P. 2011. Pro environmental attitude and green buying- An empirical analysis, Journal of management and information technology, Vol 3(1), P. 59-81.
- Shestakov, N. I., Danilina, N. V., Fediuk, R. S., Hematibahar, M., Petukhov, V. I. 2025. Environmental impact of asphalt concrete plants on industrial areas via criteria-based method assessing. Architecture, Construction, Transport, Vol (3), P. 55-73.
- اخگری، م.، عبدالهی، ع.، نوروزی، م. ۱۳۹۴. بررسی اثرات مواجهه با مواد شیمیایی بر روی برخی آنزیم‌های کبدی در کارگران کارخانه آسفالت شهر تهران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد: دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم دارویی– دانشکده داروسازی.
- اشرفی، خ.، سلیمیان، م.، مومنی، م. ر.، کرمی، ش.، امینی، ا. ۱۳۹۲. مدلسازی انتشار آلاینده‌های ناشی از کارخانه آسفالت و دستگاه سنگ شکن پروژه‌های راهسازی (مطالعه مورد باند دوم محور سراب– بستان آباد)، فصلنامه مهندسی حمل و نقل، سال ۴، شماره ۴، ص ۳۱۳–۳۳۲.
- چیت سازان، آ.، روزبهانی محمدی، م. ۱۳۹۲. بررسی آلودگی‌های زیست محیطی کارخانه آسفالت تهران– پردیس، اولین همایش ملی برنامه ریزی، حفاظت، حمایت از محیط زیست و توسعه پایدار.
- داوری، م.، خبیری، م.، فلاح تفتی، م. ۱۳۹۸. تاثیر آلاینده‌های سطحی، گرد و غبار و ماسه ریز بر ایمنی سطحی جاده‌های با رویه آسفالتی (مطالعه موردی استان سیستان و بلوچستان)، فصلنامه مطالعات علوم محیطزیست، سال ۴، دوره ۱، ص ۱۱۲۳–۱۱۲۹.
- ذوالفقاری، ق.، نظام‌پرور، س.، رجب زاده، و. ۱۴۰۰. اندازه گیری و مدل سازی آلاینده های واحدهای مختلف کارخانه سیمان با استفاده از مدل نرم افزاری Screen View: مطالعه موردی، کارخانه سیمان زاوه، فصلنامه مطالعات علوم محیطزیست، سال ۶، دوره ۲، ص ۳۷۲۰–۳۷۲۹.
- زهتاب یزدی، ی.، منصوری، ن. ا.، عتابی، ف.، آقامحمدی، ح. ۱۴۰۰. مدل سازی پراکنش ذرات معلق ($PM_{2.5}$, $PM_{10}$) خروجی از کارخانه های آسفالت در منطقه جنوب غرب تهران، مجله مهندسی بهداشت محیط، سال ۸، دوره ۴، ص ۳۷۵–۳۹۰.
- قمی اویلی، ف.، شعبانی کاکرودی، م. ۱۳۹۷. بررسی آلودگی‌های زیست‌محیطی کارخانه آسفالت ره گستر ارجمند، کنفرانس بین المللی عمران، معماری و مدیریت توسعه شهری در ایران.
- مرکز پژوهش‌های مجلس شورای اسلامی. ۱۴۰۴. پیامدها و هزینه‌های آلودگی هوا در ایران، دفتر مطالعات زیربنایی، تهران. شماره مسلسل ۲۰۶۷۶.