



## Investigating the concentration of heavy metals in the air of Tabriz (A case study of the occurrence of dust in the years 2019 and 2020)

Ali Mohammad Khorshiddoust<sup>1✉</sup>| Mustafa Tahani Yazdli<sup>2</sup>| Farahnaz Khorramabadi<sup>3</sup>| Aazam Samadi<sup>4</sup>| Farideh Ansari Maleki<sup>5</sup>| Mohammad Hossein Pourghorban<sup>6</sup>

1. Corresponding author, Professor, Faculty of Planning and Environmental Sciences, the University of Tabriz, Iran. E-mail: [khoshid@tabrizu.ac.ir](mailto:khoshid@tabrizu.ac.ir)
2. Master of Urban Planning, Faculty of Architecture, Gilan University, Rasht, Iran E-mail: [tahani.m61@gmail.com](mailto:tahani.m61@gmail.com)
3. M.A. in Climatology from the University of Tabriz, Iran. E-mail: [farahnaz.khoramabadi@yahoo.com](mailto:farahnaz.khoramabadi@yahoo.com)
4. Ph.D. in Chemistry from the University of Tabriz, Iran. E-mail: [samadi123@gamil.com](mailto:samadi123@gamil.com)
5. M.Sc. in Biology from the University of Tabriz, Iran. E-mail: [maleki12@yahoo.com](mailto:maleki12@yahoo.com)
6. M.A. in Climatology from the University of Tabriz, Iran. E-mail: [mohammadhossein@gmail.com](mailto:mohammadhossein@gmail.com)

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received 15 October 2022

Received in revised form 23

January 2023

Accepted 30 January 2023

Published online 19 April 2024

#### Keywords:

Air pollution,  
Aerosols,  
Sampling, Heavy Metals,  
Climate,  
Tabriz.

### ABSTRACT

Problems caused by climate change are one of the most important environmental crises and threats of human society, especially in urban environments. In the city of Tabriz and in recent years, due to the growth of the population, a lot of migration from other cities, traffic, the development of industries and production centers have caused an increase in the production and distribution of pollutants. Based on this, in this research, attention has been paid to the evaluation of the quality of dust occurrence in the years 2019 and 2018. The concentration of dust particles in different areas of the studied places varies depending on the geographical location, topographical, climatic conditions and also their origin, both internal and external. Based on the results obtained from the analysis of laboratory results and field studies, in the Tabriz region and during the research period, the concentration of lead metal in dust is moderate for adults and severe for children, and the risk of mercury metal for both the elderly and children. It has been intense. The adverse effects of cadmium metal have been very severe in children and adults. On the other hand, the high air temperature in the city center and the formation of thermal islands in it causes local winds from the suburbs to the city center. With the transfer of pollution from the suburbs to the city center by these winds, the pollution situation in the city center also increases.

**Cite this article:** Khorshiddoust, A.M., Tahani Yazdli, M., Khorramabadi, F., Samadi, A., Ansari Maleki, F., & Pourghorban, M. H. (2024). Investigating the concentration of heavy metals in the air of Tabriz (A case study of the occurrence of dust in the years 2019 and 2020). *Journal of Geography and Planning*, 28 (87), 151-166. <http://doi.org/10.22034/GP.2023.53783.3050>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.22034/GP.2023.53783.3050>

Publisher: University of Tabriz.

## Extended Abstract

### Introduction

Problems caused by climate change are one of the most important environmental crises and threats to human society, especially in urban environments (Hatami Menesh et al., 2019). This crisis is the cause of the aggravation and emergence of the dust phenomenon, which is one of the important aspects of air pollution. The presence and increase of pollutants resulting from this phenomenon with increasing acute and chronic health effects, such as the risk of increased mortality, increased prevalence of asthma and bronchitis, and increased rates of respiratory and cardiovascular system infections, magnifies severe and chronic pains. (Song et al., 2017) (Brignol et al. 2018). The development of urbanization and industry, apart from improving and increasing the level of well-being of human life, has also caused many problems for humans at the global and regional level. The dust storm in the spring and summer of 2019 and 2020 in Tabriz in Shahid Kasaei highway caused momentary gusts and the arrival of extra-regional and local dust mass. The occurrence of dust storms in this region is unprecedented and has happened many times. Before that, in the years 2013 and later, the occurrence of storms and the release of dust in different areas of Tabriz and its surroundings have been recorded many times. Although wind and storm are natural phenomena, when dust is added to it, it causes problems and air pollution. The drying up of wetlands, the implementation of road construction and urban development projects, the intensification of open pit mining and the lack of suitable vegetation in pastures and natural resources are the factors that aggravate such storms in the region. There are several centers of dust around the city of Tabriz, the main of which can be Urmia Lake, which will cause a serious problem if it dries up completely (it is almost at the same stage now). Field survey of this research show that in the current situation, almost 98% of the water level of Lake Urmia has dried up. The complete drying up of Lake Urmia has the potential to become the biggest environmental threat in the region. Recent findings by researchers over the past 10 years have shown that dust particles are more dangerous than previously thought. The latest research shows that long-term exposure to fine dust particles is the main cause of death from lung cancer and cardiovascular diseases. Inhalation of dust-contaminated air causes air penetration into the air bags, irregular heartbeat (arrhythmia), heart attacks and breathing problems, severe and chronic headaches, severe allergies, vision disorders and skin diseases. Sampling and studying the physical composition and chemical analysis of the recent case dust in our research indicates that this dust is not only composed of soil, sand and salt particles, but has a complex combination of chemical elements. Elements of alkaline metals, silica, carbon, calcium, potassium and some other organic elements can be observed, all of which can have side effects on the respiratory tract and lungs. The observations made on the influx of suspended particles in different parts of the country have shown that the amount of these particles can even be tolerated up to 9 times and in some cities it has reached 15 times. Considering the importance of the topic, in this article, using the data related to the concentration of pollutants registered in the General Department of Environmental Protection of the Province, along with direct sampling of dust and analysis of chemical compounds (heavy metals and organic substances, and biological analysis (microorganisms) and atmospheric conditions (top atmospheric synoptic maps) during selected days and simulation and modeling of particle distribution, nature and source of dust in the city were investigated.

### Data and Methods

Data and information were collected as follows:

- Obtaining and collecting raw data from the Meteorological Organization and the General Department of Environmental Protection of East Azerbaijan Province to identify the types of dust days and their types.
- Preparation of satellite images and synoptic maps during the observation of dust storms in order to investigate synoptic beds and atmospheric currents. Dust generation or transport (including maps of lateral and wind speeds at ground level and upper atmosphere levels).
- Investigating the density and concentration of dust in different regions and identifying the approximate range of dust sources observed in the area.
- Air sampling on dusty days.
- Conducting various tests (chemical, biological) to identify the nature of dust.
- Collecting information and data needed to implement meteorological models and dust particle distribution.

In general, there are two methods for dust sampling: 1- sweep techniques 2- vacuum methods. Wiper methods are cheap and simple and the materials required are readily available, while vacuum sampling techniques are more expensive and sampling devices are not always available, but are more suitable for sampling at some levels. In this research, the sweep technique was used for sampling in two ways: sampling using sampling patterns. 2. Limited surface sampling. Typically, for wide and wide surfaces, sampling templates have been used and limited surface sampling for small surfaces such as window sills and frames. In order to measure the amount of mercury, cadmium and lead in circular samples, first 0.2 grams of each sample was digested in nitric acid with

chloride acid. With this, the soil ions were separated from the matrix and entered the solution phase. Then the solution was extracted with deionized water to a volume of 25 ml. The concentration of each element in the dust samples was also measured in the next step. Electro-thermal atomic absorption method was used to measure cadmium and lead, and cold steam was used to measure mercury. Measurements were performed using a *Nova 400* atomic absorption spectrometer from *Analytik Jena*, Germany. First, the calibration curve was drawn for each of the elements using the above methods, and then the absorption rate of each sample was obtained, and the concentration of each sample was obtained by drawing and analyzing the calibration graph. The amount of each element in 0.2 grams of soil was obtained from the product of the concentration obtained in the sample volume (25 ml) and by dividing the obtained amount by 0.2, the amount of each element in each gram of soil was also calculated.

### Results and Discussion

In the hot season of the year and in the Middle East region, it is mostly in the subtropical high pressure regime, along with the tropical jet streams, which causes the subsidence of the air and clear sky and high altitude atmosphere in the region and as a result it is the abundant reception of radiant energy on the surface of the earth and the formation of low thermal pressure. The atmospheric conditions at the time of the formation of the storm, the increase in wind speed and the presence of rotating movement on the dry and uncovered soil, provided the ground for the collection of soil particles, and with the expansion of the surface low pressure conditions and the strengthening of the unstable conditions to the lower atmospheric layers, the next storm it has spread from the formation and the dust has spread towards the northwest, especially the Tabriz station. Due to the westerly direction of the prevailing wind flow and the establishment of an important part of the industries of Tabriz, in the west of Tabriz city, most of the pollution caused by the industries in that part is pushed towards the city center. The mountains in the north and northeast of Tabriz prevent the exit of pollution through the wind flow; as a result, the air in the central areas of the city is polluted due to the accumulation of pollution caused by cars, various chimneys and pollution transferred from the outskirts of the city. They become more polluted. On the other hand, the high air temperature in the city center and the formation of thermal islands in it causes local winds from the suburbs to the city center. With the transfer of pollution from the suburbs to the city center by these winds, the pollution situation in the city center increases dangerously.

The results show that in the sample location of Azarshahr road towards Ilkhchi, the highest index of cadmium and mercury pollution is present in the main terminal of this city due to the heavy traffic of heavy vehicles, in the meantime, the industrial poles around this terminal have doubled the problem of soil pollution in this area. Considering that there is the most mercury and cadmium pollution in this area, the employees who are working in this station should take seriously the risks caused by the presence of these heavy metals. Even though the intercity transport fleet is on the decline, the results show that the risk of contamination still threatens these people and environmental considerations such as the creation of a green belt should be considered. Also, the role of these heavy metals in the risk of cancerous and non-cancerous diseases seems essential.

### Conclusion

The phenomenon of dust is one of the environmental hazards of arid and semi-arid regions, which is affected by certain weather conditions and causes great damage to the environment and human health every year. In this research, the concentration of heavy metals in the air of Tabriz and its surrounding areas was analyzed, especially on certain days when the dust phenomenon occurred. The findings of this research showed that in the tested and analyzed samples of dust in the region, the risk of lead pollution in samples 3, 4 and 11 (including the areas of Maralan, towards Ilkhchi, Rah Ahan and Nesf Rah) for adults is moderate and for children has been severe. The risk of mercury metal in samples 2, 3, 6, 8, 12 and 14 (including Shariati areas, towards Ilkhchi, 17 Shahrivar, Shams Tabrizi, Bazar and Raste Kuche) has been severe for both elderly people and children. The harmful effects of mercury metal in sample 5 are low in adults but severe in children. The amount of adverse effects of cadmium in samples 3, 4, 5, 6, 11, 12, 13 and 15 (Azarshahr Road, Maralan, Chai Kenar to Pol Sangi, Darvazeh Tehran, Rah Ahan Square, Nesf Rah, Shams Tabrizi, Qonqa and Manzarriyeh) in children and adults have been very severe. An important point in this analysis is that the concentration of pollutants and the presence of heavy metals in the dust sampled in the prosperous areas of Tabriz such as Vali Asr, Zafaranih, Kooie Ferdous and Baghcheban were not proven and this could be due to several factors such as the topography and the presence of heights around these areas, to have a relatively more favorable environment in these areas, as well as local climatic factors such as microclimate and the lack of penetration of polluting elements into these areas. Since dust storms in Tabriz have increased in recent years and have played an important role in the quality of weather conditions, and that the western half of Iran is located next to large deserts and the dust of this desert, they continuously affect the country of Iran as well as the Tabriz region. Due to the dry conditions of Lake Urmia, there is a need for permanent study and monitoring of fine dust.

**Main Subjects**

Aerosols, Air pollution, Tabriz

**References**

- Arslan, H. 2001. Heavy metals in street dust in Bursa, Turkey. *J. Trace. Microprobe Tech.* 19: 439-445.
- Asakereh, Hossein; Ahadi, Leila: Investigating the relationship between Tabriz air types and air pollution, *Physical Geography Research*, (in Persian), 52:3 (375-394), 2019.
- Ataei, H., & M. Heidari., (2017). Investigating the Effect of Climate Change and Dust on Respiratory Diseases (Case Study: Ahvaz City). *Journal of Environment and Biotechnology.* 3(2), 1-10.
- Bauer SE, Im U, Mezuman K, Gao, CY. Desert Dust, Industrialization, and Agricultural Fires: Health Impacts of Outdoor Air Pollution in Africa. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres.* 2019:124(7):4104-20.
- Bennion, P., Hubbard, R. O'Hara, S., Wiggs, G., Wegerdt, J., Lewis S. and Small, I2007. The impact of airborne dust on respiratory health in children living in the Aral Sea region. *Int. J. Epidemiol* 5: 1103-111.
- Brignole D, Drava G, Minganti V, Giordani P, Samson R, Vieira J, et al. Chemical and magnetic analyses on tree bark as an effective tool for bio-monitoring: A case study in Lisbon (Portugal). *Chemosphere.* 2018:195:508.
- Charlesworth, S., et al., A comparative study of heavy metal concentration and distribution in deposited street dusts in a large and a small urban area: Birmingham and Coventry, West Midlands, UK. *Environment International*, 2003. 29(5): p. 563-573.
- Charney, C. G. 1975. Dynamics of deserts and drought in the Sahel. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 101: 193-202.
- Chen, H., X. Lu, and L.Y. Li, Spatial distribution and risk assessment of metals in dust based on samples from nursery and primary schools of Xi'an, China. *Atmospheric Environment*, 2014. 88: p. 172-182.
- Díaz, R. and E.R. Dominguez, Health risk by inhalation of PM 2.5 in the metropolitan zone of the City of Mexico. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2009. 72(3): p. 866-871.
- Draxler, R. R., Gillette, D. A., Kirkpatrick J. S. and Heller, J. 2001. Estimating PM10 concentration from dust storm in Iraq, Kuwait, and Saudi Arabia. *Atmos. Environ.* 35: 4315-4330.
- Engelstaedter, S., Tegan, I. and Washington, R. 2006. North African dust emissions dust and transport. *Earth Sci. Rev.* 79: 73-100.
- Fallah Zazuli M, Vafaeinezhad A, Kheirkhah Zarkesh M. M, Ahmadi Dehka F. Source routing of dust haze phenomenon in the west and southwest of Iran and its synoptic analysis by using remote sensing and GIS. *Journal of RS and GIS for Natural Resources.* 2014, 5(4):61-78.
- Figueroa, D.A., C.J. Rodríguez-Sierra, and B.D. Jiménez-Velez, Concentrations of Ni and V, other heavy metals, arsenic, elemental and organic carbon in atmospheric fine particles (PM2.5) from Puerto Rico. *Toxicology and industrial health*, 2006. 22(2): p. 87-99.
- Gholampour, Akbar et al.: Investigating changes in the concentration of airborne particles in the open air and evaluating the health effects attributed to them in the city of Tabriz, *Health and Environment Journal*, (in Persian) 7(4): 541-556, 2013.
- Goudarzi G, Shirmardi M, Naimabadi A, Ghadiri A, Sajedifar J. Chemical and organic characteristics of PM2.5 particles and their in-vitro cytotoxic effects on lung cells: The Middle East dust storms in Ahvaz, Iran. *Science of the Total Environment.* 2019:655:434-45.
- Hatami-Manesh M, Mortazavi S, Solgi E, Mohtadi A. Assessing the capacity of trees and shrubs species to accumulate of particulate matter (PM10, PM2.5 and PM0.2). *Iranian Journal of Health and Environment.* 2019:12(1):1-16
- Hieu, N.T. and B.-K. Lee, Characteristics of particulate matter and metals in the ambient air from a residential area in the largest industrial city in Korea. *Atmospheric Research*, 2010. 98(2): p. 526-537.
- Lenes, J. M., Darrow, B. A., Walsh, J. J., Prospero, J. M., R., He, R., Weisberg, H., Vargo, G. A. and Heil, C. A. 2008. Saharan dust and phosphatic fidelity: A three dimensional biogeochemical model of Trichodesmium as a nutrient source for red tides on the west Florida shelf. *Cont. Shelf Res.* 28: 1091-1115.
- Luo, L., Ma, Y., Zhang, S., Wei, D. and Zhu, Y. 2009. An inventory of trace element inputs to agricultural soils in China. *J. Environ. Manage.* 90: 2524-2530.
- Mansoori, Mohammad; and Tabiei, Yeganeh: Investigation of the causes of the occurrence of red algae and its control in the waters of the Persian Gulf, the 12<sup>th</sup> National Conference on Environmental Health of Iran, November 12, 2018, Shahid Beheshti Faculty of Medical Sciences, Tehra (in Persian).
- Nadafi K, Nabizadeh N, Soltanianzadeh Z, Ehrampoush M. Evaluation of dustfall in the air of Yazd. 2006.
- Saeedi, M., Li, L. Y. and Salmanzadeh, M. 2012. Heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons: pollution and ecological risk assessment in street dust of Tehran. *J. Hazardous Mater.* 227: 9-17.



- Sing, D. and Sing, C. F. 2010. Impact of direct soil exposures from airborne dust and geophagy on human health. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 7: 1205-1223.
- Soltani, N., Keshavarzi, Moore, Tavakol Lahijan-zadeh, A. R. and Jaafarzadeh, N. 2015. Ecological and human health hazards of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in road dust of Isfahan metropolis. *Iran. Sci. Total Environ* 505:712-723.
- Song C, He J, Wu L, Jin T, Chen X, Li R, et al. Health burden attributable to ambient PM<sub>2.5</sub> in China. *Environmental pollution*. 2017;223:575-86.
- Wei, X., et al., Pollution characteristics and health risk assessment of heavy metals in street dusts from different functional areas in Beijing, China. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2015. 112: p. 186-192.
- World Air Quality, 2021 <https://www.iqair.com/iran/east-azerbaijan/tabriz>.
- Zelghi, Elaheh et al. Estimation of cardiovascular and respiratory diseases attributed to suspended particles less than 10 microns in the air of Tabriz city in 2013, *Scientific-Research Journal of Ilam University of Medical Sciences*, (in Persian) 21(1): 84-91, 2013.





پروہشگاہ علوم انسانی و مطالعات فرہنگی  
پرتال جامع علوم انسانی



## بررسی غلظت فلزات سنگین موجود در گرد و غبار هوای کلانشهر تبریز (سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰)

علی محمد خورشیددوست<sup>۱</sup> | مصطفی طحانی یزدلی<sup>۲</sup> | فرحناز خرم‌آبادی<sup>۳</sup> | اعظم صمدی<sup>۴</sup> | فریده ملکی انصاری<sup>۵</sup>  
محمدحسین پورقربان<sup>۶</sup>

۱. نویسنده مسئول، استاد دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: [khورشید@tabrizu.ac.ir](mailto:khورشید@tabrizu.ac.ir)

۲. کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشکده هنر معماری، دانشگاه گیلان، رشت، ایران، تبریز، ایران. رایانامه: [tahani.m61@gmail.com](mailto:tahani.m61@gmail.com)

۳. کارشناسی ارشد آب و هواشناسی از دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: [farahnaz.khoramabadi@yahoo.com](mailto:farahnaz.khoramabadi@yahoo.com)

۴. دکترای شیمی از دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: [samadi123@gamil.com](mailto:samadi123@gamil.com)

۵. کارشناسی ارشد زیست‌شناسی از دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: [maleki12@yahoo.com](mailto:maleki12@yahoo.com)

۶. کارشناسی ارشد اقلیم از دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. رایانامه: [mohammadhossein@gmail.com](mailto:mohammadhossein@gmail.com)

### اطلاعات مقاله

### چکیده

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۲۳

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۱/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۱/۳۱

کلیدواژه‌ها:

گرد و غبار، فلزات سنگین، آلودگی، نمونه‌برداری، تبریز.

معضلات ناشی از تغییرات اقلیمی از مهم‌ترین بحران‌ها و تهدیدات محیط زیست حال حاضر جامعه بشری به‌خصوص در محیط‌های شهری است. هدف این پژوهش ارزیابی کیفیت گرد و غبار از نظر وجود فلزات سنگین در هوای شهر تبریز در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ می‌باشد. بدین منظور جهت پایش مکانی تراکم بالای غلظت گرد و غبار (AOD) در مناطق مختلف شهر، از سنجنده MODIS از ماهواره‌ی ترا (Terra) استفاده شده است. در ادامه با استفاده از نمونه‌برداری مستقیم از گرد و غبار و تجزیه و تحلیل ترکیبات شیمیایی (فلزات سنگین و مواد آلی)، به اندازه‌گیری میزان غلظت فلزات سنگین (جیوه، سرب و کادمیوم) در هنگام وقوع گرد و غبار در سال‌های (۱۳۹۹ و ۱۴۰۰) پرداخته شد. نتایج این تحقیق نشان داد به‌طور کلی میزان عنصر آلاینده کادمیوم نسبت به سایر آلاینده‌های مورد مطالعه در نقاط ۱۵ گانه مطالعه شده بیشتر است. بالاترین میزان عنصر جیوه در نمونه‌های مربوط به نقاط خیابان شریعتی (شهناز)، جاده آذرشهر به سمت ایلخچی، دروازه تهران، زعفرانیه و بازار و راسته کوچه شامل می‌شود؛ و همچنین نمونه‌های مربوط به نقاط جاده آذرشهر به سمت ایلخچی، خیابان مارالان، میدان راه آهن و نصف راه بیشترین مقدار میزان عنصر آلاینده سرب دارا می‌باشند. افزایش تردد خودروها و تمرکز بالای آن در (جاده آذرشهر به سمت ایلخچی، شریعتی (شهناز)، موجب شده است میانگین سالانه تغییرات دما در سال ۱۳۹۹ به ۸/۱۵ درجه و در سال ۱۴۰۰ به ۹ درجه رسیده است. کوه‌های شمال و شمال شرق تبریز مانع خروج آلودگی‌ها از طریق جریان باد می‌شوند، در نتیجه آلودگی هوای نواحی مرکزی شهر به خاطر انباشته شدن آلودگی ناشی از خودروها، انواع دودکش‌ها و آلودگی‌های منتقل شده از حومه شهر، تشدید می‌یابد.

استناد: خورشیددوست، علی محمد؛ طحانی یزدلی، مصطفی؛ خرم‌آبادی، فرحناز؛ صمدی، اعظم؛ ملکی انصاری، فریده؛ پورقربان، محمدحسین (۱۴۰۳). بررسی غلظت

فلزات سنگین موجود در گرد و غبار هوای کلانشهر تبریز (سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۸ (۸۷)، ۱۶۶-۱۵۱.



<http://doi.org/10.22034/GP.2023.53783.3050>

© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه تبریز.

## مقدمه

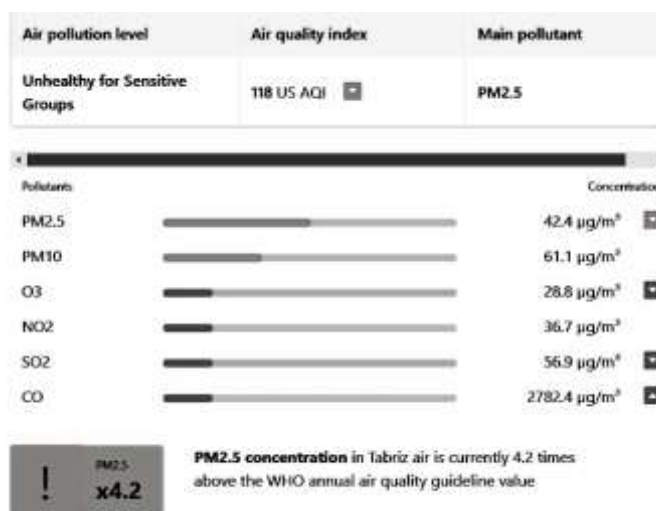
معضلات ناشی از تغییرات اقلیمی از مهم‌ترین بحران‌ها و تهدیدات محیط زیست حال حاضر جامعه بشری به خصوص در محیط‌های شهری است (حاتمی منش و همکاران، ۲۰۱۹)<sup>۱</sup>. این بحران عامل تشدید و بوجود آمدن پدیده گردوغبار که از جنبه‌های مهم آلودگی هوا است، می‌باشد. حضور و افزایش آلاینده‌های منتج از این پدیده با افزایش اثرات حاد و مزمن بهداشتی نظیر خطر افزایش شدت مرگ و میر، افزایش شیوع اسه و برونشیت و افزایش میزان عفونت‌های سیستم تنفسی، قلبی عروقی، افزایش دردهای شدید و مزمن، حساسیت‌های شدید، ضعف در بینایی و بیماری‌های پوستی، سرطان و مرگ و میر انسان‌ها همراه است. (سونگ و همکاران، ۲۰۱۷)<sup>۲</sup>، بریگنول و همکاران، ۲۰۱۸)<sup>۳</sup>. منابع انتشار فلزات در جو عبارتند از: منابع طبیعی شامل پوسته زمین، آتش سوزی جنگل‌ها و اقیانوس‌ها و منابع انسانی شامل فرآیندهای صنعتی، احتراق سوخت، گازهای خروجی خودروها، زباله سوزی، فرسایش تایرها و لنت‌های ترمز، معدنکاوای و استخراج معادن ذوب فلزات (هیو و همکاران<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰، کیم<sup>۵</sup> و همکاران ۲۰۱۴). عمدتاً فلزات با منشا طبیعی با ذرات معلق درشت همراه بوده در حالیکه عناصر با منشا انسانی با ذرات معلق ریز همراه می‌باشند. به همین علت ذرات معلق ریز نسبت به ذرات حاوی میزان بالاتر از فلزات سمی هستند (فیگوروا<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۶). هنگامی که سرعت باد در بیابان‌ها از حد آستانه بیشتر می‌شود، بسته به زبری عناصر سطوح، رطوبت خاک، اندازه‌ی دانه، پوشش گیاهی، بافت خاک و پستی و بلندی‌های زمین، ذرات ریز وارد اتمسفر می‌شود و به تولید گرد و غبار اتمسفر می‌پردازد (عطایی و حیدری<sup>۷</sup>، ۲۰۱۷). طوفان‌های گرد و غبار، به معنای افزایش ذرات جامد معلق با قطر کمتر از ۵۰۰ میکرومتر در جو است. معمولاً ذرات با قطر ۱۰-۲/۵ میکرون، در اتمسفر بیشترین گسترش و تاثیر را داشته (اوزما و همکاران<sup>۸</sup>، ۲۰۱۳) و با توجه به خصوصیات ذاتی خود، میتواند اثرات زیست محیطی و تغییرات اقلیمی متعددی در اکوسیستم‌های مختلف در پی داشته باشد (لیو و همکاران<sup>۹</sup>، ۲۰۰۳). عمده مناطق تولید گرد و غبار در نیمکره شمالی به غیر از شمال آفریقا شامل ایران، عربستان، ترکمنستان، پاکستان، افغانستان، شمال هند، صحرای کالاهاری و حوضه تاریم در چین است. البته برخی فعالیت‌های گرد و غباری جزئی در مکزیک، غرب ایالات متحده آمریکا و در مرکز استرالیا نیز وجود دارد (انگلسن<sup>۱۰</sup> و همکاران، ۲۰۰۶).

کشور ایران به دلیل قرار گیری ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان و از جهت دیگر همجواری با محدوده‌ی وسیعی از گستره‌های بیابانی و کشورهایی چون عربستان، عراق و سوریه که دارای فقر پوشش گیاهی بوده و به دلیل بارش اندک و دمای بالا تحت تاثیر شرایط بیابانی، ناپایداری جوی و جریان باد قرار دارند، که این عوامل سبب بلند شدن گرد و غبار از این نواحی شده و کشور ایران به خصوص نواحی جنوب غربی و غربی آن را به شدت تحت تاثیر این پدیده نامطلوب قرار می‌دهد (گودرزی و همکاران<sup>۱۱</sup>، ۲۰۱۹)، (فلاح<sup>۱۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۴). و صنعت گذشته از بهبود و افزایش سطح رفاه زندگی بشری، مشکلات متعددی نیز برای انسان در سطح رفاه زندگی برای انسان در سطح جهانی و منطقه به وجود آورده است. آلودگی هوا کلان شهرهای ایران و به خصوص شهر تبریز دارای علل متنوعی می‌باشند. منابع تولید آلودگی عموماً به دودسته، منابع ساکن و متحرک تقسیم می‌شوند. شهر تبریز بروز طوفان‌های گرد و غبار در این منطقه مسبوق به سابقه است و بارها اتفاق افتاده است.

1. Hatami-Manesh et al
2. Song et al
3. Brignole et al
4. Hieu et al
5. Kim, Y.-H., et al
6. Figueroa et al
7. Ataei and Heidari
8. Uzma et al
9. Liu et al
10. Engelstaedter, et al
11. Goudarzi et al
12. Fallah Zazuli et al



قبل از آن در سال‌های ۱۳۹۱ به بعد بروز طوفان و انتشار ریزگردها در مناطق مختلف تبریز و اطراف آن به دفعات ثبت شده است.



شکل (۱). کیفیت آلودگی هوای تبریز در تاریخ ۱۰ آبان ۱۴۰۰ (منبع: World Air Quality, 2021)

گرد و غبار به علت اینکه شبیه به گازهای گلخانه‌ای عمل کرده و طول موج کوتاه را از خود عبور داده و مانع خروج طول موج بلند انعکاسی از سطح زمین می‌شوند باعث گرم شدن کره زمین می‌شود (ارسلان<sup>۱</sup>، ۲۰۰۱) طوفان‌های گرد و غبار علاوه بر کاهش حاصلخیزی اراضی کشاورزی، موجب آلودگی هوا، مشکلات تنفسی و کاهش دید به خصوص برای تردد وسایل نقلیه نیز می‌گردند (دراکسلر<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۱). این طوفان‌ها می‌توانند اثرات مهمی بر اقلیم و محیط زیست منطقه بر جای گذارند بدین ترتیب باعث تغییراتی در خواص فیزیکی و طیفی ابرها می‌شوند (لو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). از اثرات دیگر این پدیده به کاهش دید و محدود کردن بسیاری از فعالیت‌ها، اثرات آن بر سلامتی، مخاطرات محیطی به دلیل حمل سایر ذرات از قبیل باکتری‌ها، قارچ-ها و آلاینده‌های شیمیایی و اثراتی بر چرخه بیوشیمیایی اقیانوس‌ها اشاره کرد (بنیون<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۰۷). لنز<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۰۸) با بررسی گرد و غبار ناشی از بیابان ساهارا در سواحل غربی فلوریدا، به این نتیجه رسیدند که گرد و غبار غنی از عنصر آهن بوده و باعث تثبیت نیتروژن و در نتیجه توسعه کشتن قرمز در این سواحل می‌گردد. برخی از مطالعات علاوه بر بررسی میزان فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی و ارزیابی شدت آلودگی آن‌ها، به ارزیابی مخاطرات بهداشتی ناشی از آن‌ها و تعیین منشا آن‌ها نیز پرداخته‌اند. دومینگوئز و دیاز<sup>۶</sup> (۲۰۰۹)، ارزیابی ریسک سلامت ۱۸ عنصر را در ذرات PM<sub>2.5</sub> در سه رده سنی در شهر مکزیک را انجام دادند و نتایج نشان داد هر سه رده سنی به خاطر وجود غلظت بالای عناصر سمی در ذرات PM<sub>2.5</sub> در این شهر از طریق تنفس در معرض بیماری‌های تنفسی قرار دارند و شاخص ریسک سلامت در آن‌ها بسیار بالا می‌باشد.

چین و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۱۴)، به ارزیابی ریسک گرد و غبارهای جمع آوری شده در مهد کودک‌های شهر گیجان چین برای پرستاران و کودکان مدارس پرداختند. وی و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۱۵)، گرد و غبار خیابانی را از منطقه‌ای با ترافیک سنگین، یک منطقه منطقه مسکونی، یک منطقه آموزشی و یک منطقه توریستی در پکن برای مطالعه پراکندگی و تجمع فلزات سنگین ارزیابی کردند. غلظت کروم، مس، روی کادمیوم و سرب در این چهار منطقه نسبت به خاک محلی بالاتر بود. در مقایسه با غلظت فلزات

1. Arslan
2. Draxler, et al
3. Luo et al
4. Bennion et al
5. Lenes et al
6. Díaz and Dominguez
7. Chen et al
8. Wei, X., et al.

مورد مطالعه در شهرهای دیگر، غلظت فلزات سنگین در پکن عموماً در حد متوسط یا پایین بود. غلظت نیکل، مس، روی و سرب در منطقه توریستی در میان چهار منطقه مورد مطالعه بالاتر بود. برخی مطالعات در زمینه میزان فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی، توزیع مکانی آن‌ها در سطح شهرها را نیز بررسی کرده‌اند. چارلزورث و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۰۳)، پراکندگی فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی در شهرهای بیرمنگام و کاونتری در انگلستان را مطالعه کردند. نتایج نشان داد در شهر بیرمنگام نسبت به کاونتری غلظت‌های بالاتر فلزات سنگین در گرد و غبار خیابانی مربوط به مناطق صنعتی در شمال غرب شهر و جاده دور شهر بود. وقوع پدیده گردو غبار ارتباط نزدیکی با شرایط اقلیمی محلی مثل بارندگی، دما و هم‌چنین ویژگی‌های سطح زمین مانند پوشش گیاهی، پوشش برف روی سطح زمین و بافت خاک دارد. مطالعات محققان مختلف حاکی از تاثیر و ارتباط پارامترهای مختلف اعم از اقلیمی، هواشناسی، زمین‌شناسی و حتی انسانی در وقوع این پدیده می‌باشند. از جمله می‌توان به تحقیقات ندافی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۰۶)، و بائر و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۹) نیز اشاره نمود. ایشان در پژوهشی گزارش نمودند تغییرات اقلیمی منطقه‌ای نقش مهمی بر وقوع پدیده گردو غبار بازی می‌کنند. هم‌چنین نشان دادند که دمای بالا هوا، بارندگی کم، پوشش گیاهی فقیر و سرعت زیاد باد شرایط مساعدی برای وقوع پدیده گردو غبار را فراهم می‌نمایند.

امروزه مطالعات زیادی در ایران در مورد غلظت و پراکندگی فلزات سنگین در گرد و غبار انجام شده است. مطالعات سعیدی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۲) در تهران؛ و سلطانی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۵) در اصفهان در باره ارزیابی غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار شهری نشان دادند که آلودگی می‌تواند ناشی از فعالیت‌های مختلف از جمله ترافیک سنگین خودروها، احتراق سوخت‌های فسیلی، مواد افزودنی به سوخت خودروها، خوردگی سطوح فلزی اتومبیل‌ها و خوردگی مصالح ساختمانی و یا منابع طبیعی باشد. محمودزاده و همکاران (۱۴۰۱) در تحقیقی به این نتیجه رسیدند که در فصول پاییز و زمستان تراکم آلاینده‌های هوای تبریز به مراتب بیشتر است. شاه‌محمدی و همکاران (۱۳۹۹) به تحلیل وضعیت آلودگی هوای تبریز با بهره‌گیری از داده‌های سنجنده OMI و تجزیه نیتروژن پرداختند و روند دی‌اکسید نیتروژن را در موقعیت‌های مختلف مکانی و زمانی این شهر بررسی کردند. قاسمی و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از نمونه‌های ریزگردهای آلاینده شهری Pm10 در تبریز با رویکردی اقلیمی به موضوع آلاینده‌های ذرات پرداختند و نتایج مشابه محمودزاده و همکاران (۱۴۰۲) به دست آوردند.

در بررسی پیشینه‌ی تحقیق نتیجه گرفته می‌شود که در اغلب مطالعات بین پارامترهای اقلیمی و بروز پدیده‌ی گردوغبار ارتباطی معنی‌دار وجود دارد. بررسی‌های میدانی از تراکم فلزات سنگین و ذرات آلاینده‌ی جوی در ترکیب گردوغبار و ریزگردهای منتشره در هوا به چشم می‌خورد. به‌عنوان مثال این مورد در انگلستان، چین، و برخی کشورهای اروپایی نمود پیدا کرده که تحقیقات مشابهی را انجام داده‌اند. ارتباط بین پوشش گیاهی و بروز این پدیده نیز مشاهده شده است. در شرایط فقدان یا فقر پوشش گیاهی و فضای سبز، پدیده‌ی گردوغبار بیشتر وقوع یافته است که این موضوع در اغلب تحقیقات نشان داده شده است. با توجه به هدف پژوهش حاضر که ارزیابی کیفیت گرد و غبار از نظر وجود فلزات سنگین در هوای شهر تبریز در سالهای ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ بوده است، از داده‌های سنجنده‌ی مودیس نیز استفاده شده که در ادبیات موجود بیشتر صرفاً به یافته‌های حاصل از مطالعات میدانی و آزمایشگاهی اتکا شده است. ضمن این که در تحقیق حاضر از اغلب این روش‌ها استفاده شده که می‌تواند جنبه نوآورانه پژوهش کنونی محسوب گردد.

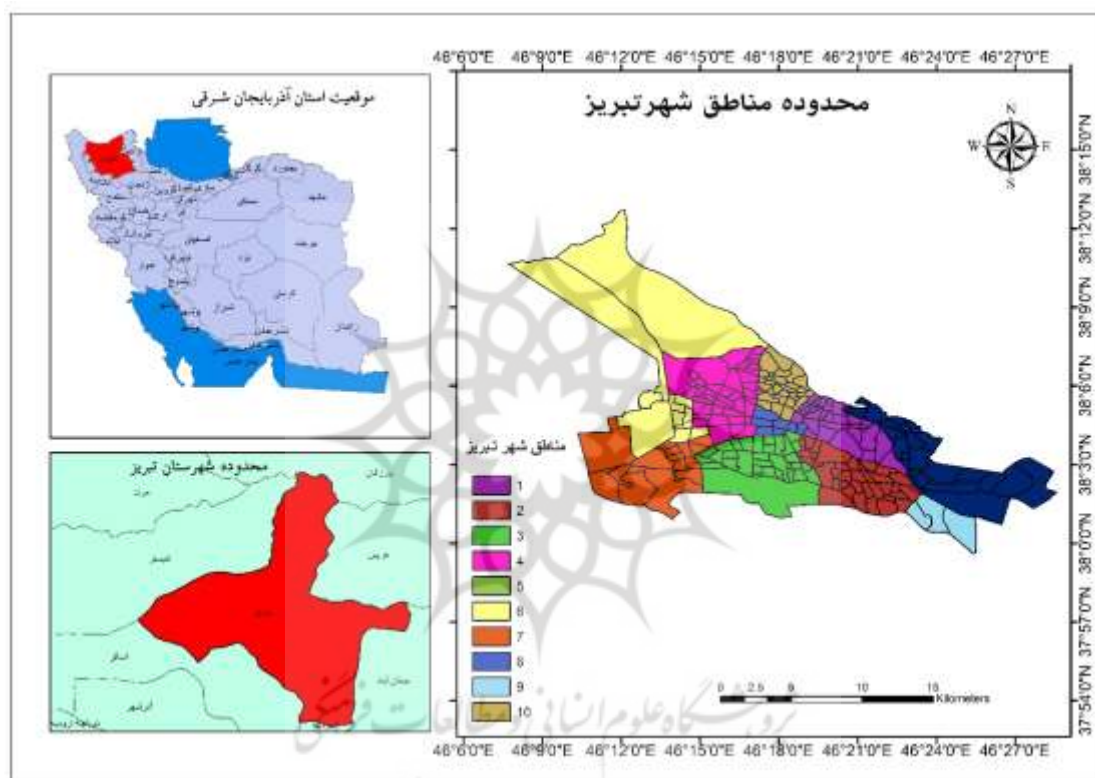
### موقعیت جغرافیایی منطقه

تبریز مرکز استان آذربایجان شرقی با مساحتی حدود ۱۲۰۰ کیلومتر مربع، در ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و ۳۸ درجه، ۰۵ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. تبریز شمال به کوه عینالی و از جنوب به دامنه کوه سهند

1. Charlesworth et al
2. Nadafi et al
3. Bauer et al
4. Saeedi et al
5. Soltani

و از سمت غرب به جلگه تبریز و دریاچه ارومیه محدود است. جهت باد غالب شهر شرق و شمال شرقی، جنوب غربی و غرب به ترتیب مهم‌ترین جهات وزش باد شهر را تشکیل می‌دهند. بادهای شرقی و شمال شرقی جریان هوای مداوی است که با مقدار وزش قابل ملاحظه‌ای در تمام طول سال بر جلگه تبریز می‌وزد و در فصل تابستان بر تمامی بادهایی که از سایر جهات می‌وزند غلبه کامل پیدا می‌کند (عساکره و اکبرزاده، ۱۳۹۵: ۱۵۸).

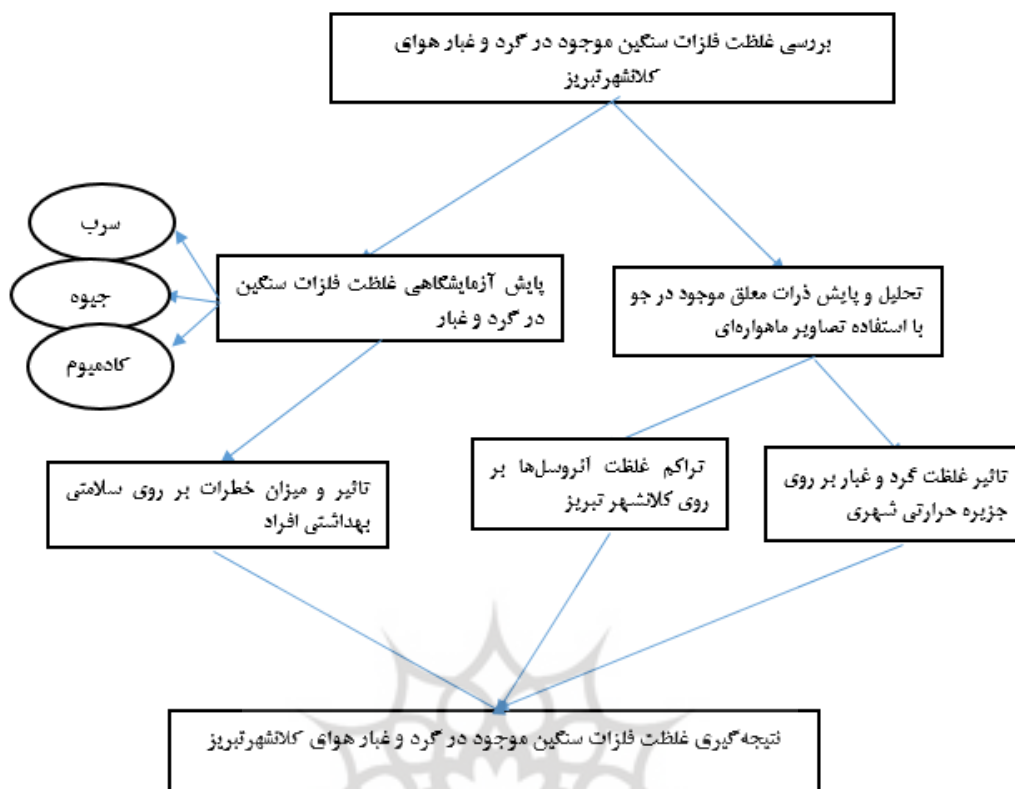
تبریز در راس مثلث دشت تبریز و آذر شهر قرار گرفته است. رودخانه آجی چای با عبور از دره‌ی شمالی از وسط این دشت می‌گذرد و خط لقع دره را تشکیل می‌دهد. به این ترتیب شهر بر روی زمین‌هایی که از شیب تندی در شمال، جنوب و شیب ملایمی در مرکز برخوردار است، ساخته شده است. شهر در قسمت غربی به صفحه نسبتاً مسطح دشت که تا دریاچه ارومیه امتداد می‌یابد، قرار گرفته است (عرصه، ۱۳۷۴).



شکل (۲). موقعیت جغرافیایی و مکان‌های نمونه‌برداری، ماخذ: نویسندگان

## مواد و روش تحقیق

با توجه به اهمیت موضوع، در این مقاله با استفاده از داده‌های مربوط به غلظت آلاینده‌های ثبت شده در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ اداره کل حفاظت محیط زیست استان، ترکیبات شیمیایی (فلزات سنگین و مواد آلی) و بیولوژیکی (میکروارگانیسم‌ها) در گرد و غبار کلانشهر تبریز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این داده‌ها با نمونه‌برداری مستقیم از گرد و غبار بدست آمده است. به طور کلی دو روش برای نمونه‌برداری از گرد و غبار وجود دارد: ۱- تکنیک‌های جاروب ۲- روش‌های خلاء. روش‌های جاروب ارزان و ساده هستند و مواد مورد نیاز برای آن در دسترس هستند، در حالی که تکنیک‌های نمونه‌برداری خلاء گران‌تر هستند و دستگاه‌های نمونه‌برداری همیشه در دسترس نیستند، اما برای نمونه‌برداری در برخی سطوح مناسب‌تر هستند (وستات، ۱۹۹۵). در این تحقیق رویکردی که برای انجام مطالعه در نظر گرفته شده، از اطلاعات حاصل از مشاهدات و اندازه‌گیری‌های زمینی است.



شکل (۳). چارت تحقیق مورد نظر

### پایش آزمایشگاهی غلظت فلزات سنگین در گرد و غبار

آلاینده‌های مطالعه شده در مقاله حاضر پس از نمونه برداری از گرد و غبار با تکنیک جاروب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته‌اند. در این تحقیق برای نمونه‌برداری از تکنیک جاروب به دو صورت استفاده شد: ۱- نمونه‌برداری با استفاده از الگوهای نمونه‌برداری که برای سطوح عریض استفاده شده است. ۲- نمونه‌برداری از سطح محدود شده که برای سطوح کوچک مانند آستانه پنجره‌ها و چارچوب‌ها استفاده شده است. جدول شماره ۱ مشخصات و مکان‌های نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

به منظور اندازه‌گیری میزان جیوه، کادمیوم و سرب در نمونه‌های دایره‌ای شکل، ابتدا ۰/۲ گرم از هر نمونه در اسید نیتریک با اسید کلرید هضم شد. با این کار یون‌های خاک از ماتریکس جدا شده و وارد فاز محلول شدند. سپس محلول با آب دیونیزه به حجم ۲۵ میلی‌لیتر استخراج شده. اندازه‌گیری غلظت هر عنصر در نمونه‌های گرد و غبار نیز در مرحله بعدی انجام گرفت. برای اندازه‌گیری کادمیوم و سرب از روش جذب اتمی الکتروترمال و برای اندازه‌گیری جیوه از بخار سرد استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی Nova 400 از Analytik Jena، آلمان انجام شد. ابتدا منحنی کالیبراسیون برای هر یک از عناصر با استفاده از روش‌های فوق رسم شد و سپس میزان جذب هر نمونه به دست آمد و با استفاده از ترسیم و تحلیل نمودار کالیبراسیون، غلظت هر یک از نمونه‌ها به دست آمد. مقدار هر عنصر در ۰/۲ گرم خاک را از حاصل ضرب غلظت به دست آمده در حجم نمونه (۲۵ میلی‌لیتر) به دست آورده و با تقسیم مقدار به دست آمده بر ۰/۲ مقدار هر عنصر در هر گرم خاک نیز محاسبه گردید.

جدول (۱). مشخصات دقیق محل نمونه برداری عناصر سرب، کادمیم و جیوه از مناطق مختلف شهر تبریز

ردیف	محل نمونه برداری	عنصر	ردیف	محل نمونه برداری	عنصر
۱	جاده ائل کلی	Pb	۹	خیابان ولیعصر	Pb <sup>۱</sup>
۲	خیابان شریعتی (شهناز)	Pb	۱۰	کوی فردوس و باغچه بان	Cd <sup>۲</sup>
۳	جاده آذرشهر به سمت ایلخچی	Pb, Cd, Hg	۱۱	میدان راه آهن و نصف راه	Pb, Cd
۴	خیابان مارالان	Pb, Cd	۱۲	شمس تبریزی	Hg <sup>۳</sup> , Cd
۵	چای کنار تا پل سنگی	Pb, Cd	۱۳	خیابان قونقا	Cd
۶	دروازه تهران	Pb, Cd	۱۴	بازار و راسته کوچه	Hg
۷	زعفرانیه	Pb	۱۵	منظره	Cd
۸	۱۷ شهریور	Pb			

### نمونه برداری فلزات سنگین در گرد و غبار

میزان خطر ناشی از قرار گرفتن در معرض گرد و غبار آلوده به فلز با محاسبه پارامتر ضریب خطر (HQ) ارزیابی می شود (لونگ و همکاران، ۲۰۰۸). HQ از تقسیم مقدار متوسط روزانه (ADD) گرد و غبار وارد شده به بدن (فرمول شماره (۱)) به مقدار مجاز در معرض قرارگیری روزانه یا RfD (که بر حسب mg در روز بیان می شود) بدست می آید (فرمول شماره (۲)).

$$ADD = \frac{C \times IngR \times EF \times ED}{Bw \times AT}$$

فرمول شماره (۲)

$$HQ = ADD/RfD$$

C: غلظت فلز در غبار بر حسب (mg/Kg)

IngR: سرعت ورود غبار به بدن (که برای افراد بزرگسال ۱۰۰ میلی گرم در هر روز و برای کودکان ۲۰۰ میلی گرم در هر روز در نظر گرفته می شود).

EFV: فراوانی قرارگیری در معرض گرد و غبار بر حسب روز در سال

ED: مدت قرارگیری در معرض گرد و غبار بر حسب سال

BW: وزن بدن که به طور متوسط برای افراد بزرگسال ۶۰ کیلوگرم و برای کودکان ۱۵ سال در نظر گرفته می شود.

AT: مدت زمان متوسط قرارگیری در معرض گرد و غبار بر حسب روز

### تحلیل و پایش ذرات معلق موجود در جو با استفاده تصاویر ماهواره ای

به منظور محاسبه این شاخص برای شهر تبریز، از محصول آماده MCD19A2 وژن ۶ سنجنده مودیس ماهواره ترا بهره گیری شد. دریافت شد

به منظور تحلیل تغییرات عمق اپتیکی، داده های این محصول برای بازه سال ۲۰۲۰ و ۲۰۲۱ میلادی مورد استفاده قرار گرفت. داده های روزانه عمق اپتیکی هواویز سطح ۶ مودیس MCD19A2 دارای قدرت تفکیک مکانی ۱ کیلومتر است.

1. Plumbum
2. Cadmium
3. hydrargyric
4. Hazard Quotient
5. Leung et al
6. Average daily dose (ADD)
7. Exposure Frequency
8. Exposure duration
9. Averaging time



گرد و غبار عمده دنیا مقادیری بین ۰/۳ تا ۲/۵ دارد. مقادیر AOD ۰/۱ تا ۰/۲ برای شرایط قاره‌ای صاف (هوای صاف)، و مقادیر AOD برابر با ۰/۸ تا ۰/۹ را به عنوان میزان بالای گرد و غبار در نظر گرفته شده است. (Tao, et al, 2020)

به منظور بررسی روند تغییر AOD، در ابتدا با استفاده از محصول گرد و غبار سنجنده مودیس و کدنویسی در محیط موتور گوگل ارث انجین، تمام تصاویر ماهواره‌ای از سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ بررسی و نمودار سری زمانی گرد و غبار استخراج شد. با توجه به این نمودار، ماه و سالی که در این بازه زمانی بیشترین گرد و غبار را داشت، تعیین شد پس از بررسی‌های انجام شده مشخص شد که بیشترین رخداد گرد و غبار در منطقه در فصل تابستان رخ داده است. به همین منظور، تصاویر میانگین سه ماه (جون، جولای و آگوست) برای هر سال در بازه یادشده در محیط GEE کدنویسی و در فرمت رستری استخراج شد.

### ارزیابی تغییرات جزیره حرارتی شهری در منطقه مورد مطالعه

برای بررسی تغییرات جزیره حرارتی در کلانشهر تبریز، از داده‌های 2\_MOD11 (LST ۸) روزه در تفکیک مکانی یک کیلومتر در روز در ساعت ۱۰:۳۰ در دوره زمانی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ استفاده شد. برای بررسی تغییرات جزیره حرارتی از شاخص‌های جزیره حرارتی پیشنهادی توسط وگت و اوکه ۱ (۲۰۰۳:۳۷۴) با استفاده از فرمول شماره (۳) استفاده شد.

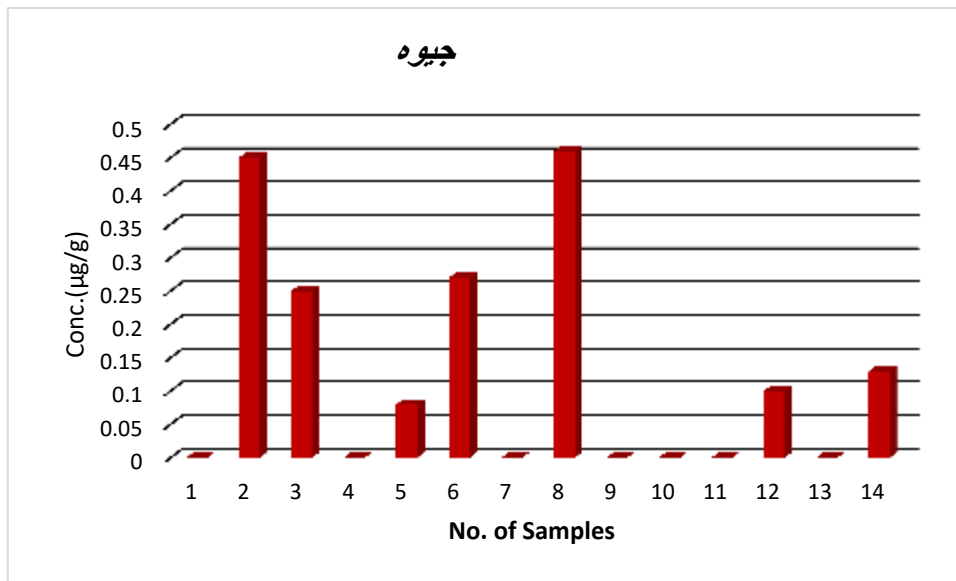
فرمول شماره (۳)

$$SUHI = LST_{urban} - LST_{rural}$$

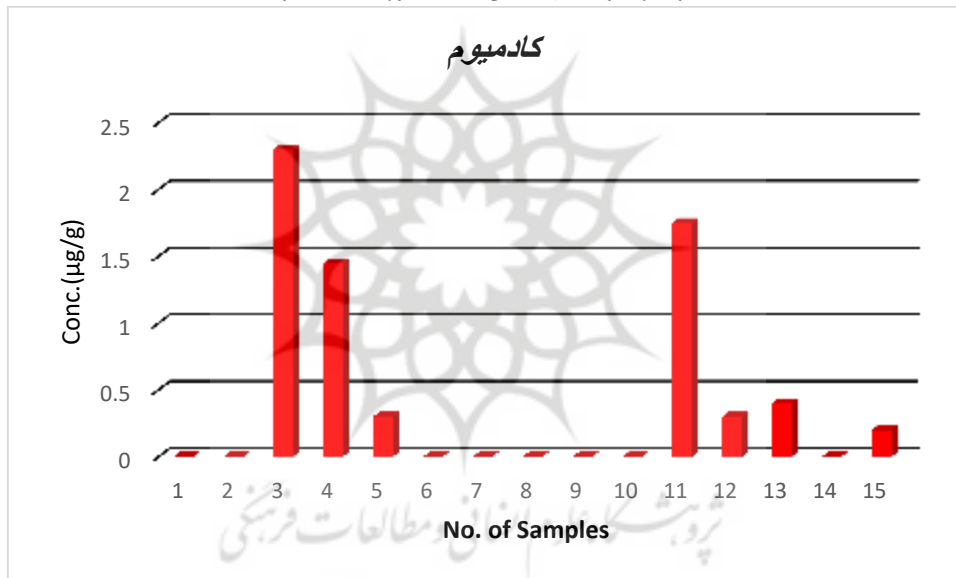
که در آن SUHI شاخص جزیره حرارتی سطوح شهری و  $LST_{urban}$  و  $LST_{rural}$  به ترتیب میانگین دمای ماهانه سطح زمین برای مناطق غیر شهری هستند. میانگین دمای مناطق شهری از میانگین دمای تمام پیکسل‌ها داخل شهر و میانگین دمای مناطق غیر شهری، از میانگین دمای تمام پیکسل‌های محدوده بیرون شهر به دست آمده است. برای مطالعه نقطه‌ای SUHL، از اختلاف دمای دو پیکسل معرف داخل و بیرون شهر استفاده شد.

### یافته‌ها و بحث

نتایج این تحقیق نشان داد که در محل نمونه جاده آذرشهر به سمت ایلخچی بالاترین شاخص آلودگی کادمیوم (Cd) و جیوه (Hg) در پایانه اصلی این شهر به دلیل ترافیک زیاد خودروهای سنگین وجود دارد که در این میان قطب‌های صنعتی اطراف این پایانه نیز مشکل آلودگی خاک این منطقه را نیز دوچندان کرده است. با توجه به این که بیشترین آلودگی جیوه و کادمیوم در این منطقه وجود دارد، کارکنانی نیز که در این ایستگاه مشغول به فعالیت هستند، بایستی خطرات ناشی از وجود این فلزات سنگین را جدی بگیرند. با وجود این که ناوگان حمل و نقل بین شهری رو به نوشدن است، ولی نتایج نشان می‌دهد که کماکان خطر آلودگی این افراد را تهدید می‌کند و بایستی ملاحظات زیست محیطی از قبیل ایجاد کمربند سبز در این منطقه در نظر گرفته شود، شکل (۴ و ۵).

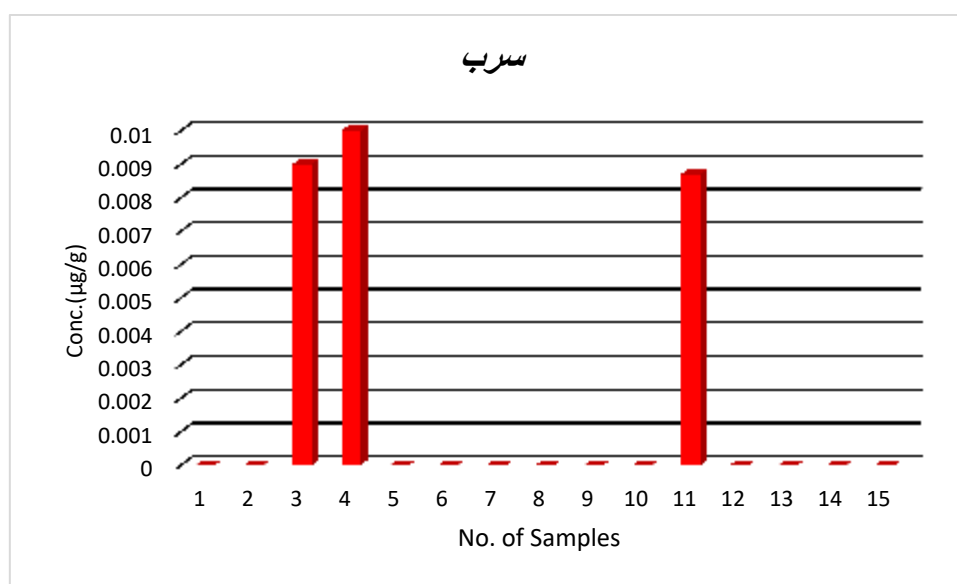


شکل (۴). جیوه در نمونه‌های مناطق مختلف مورد مطالعه (واحد: ppm)

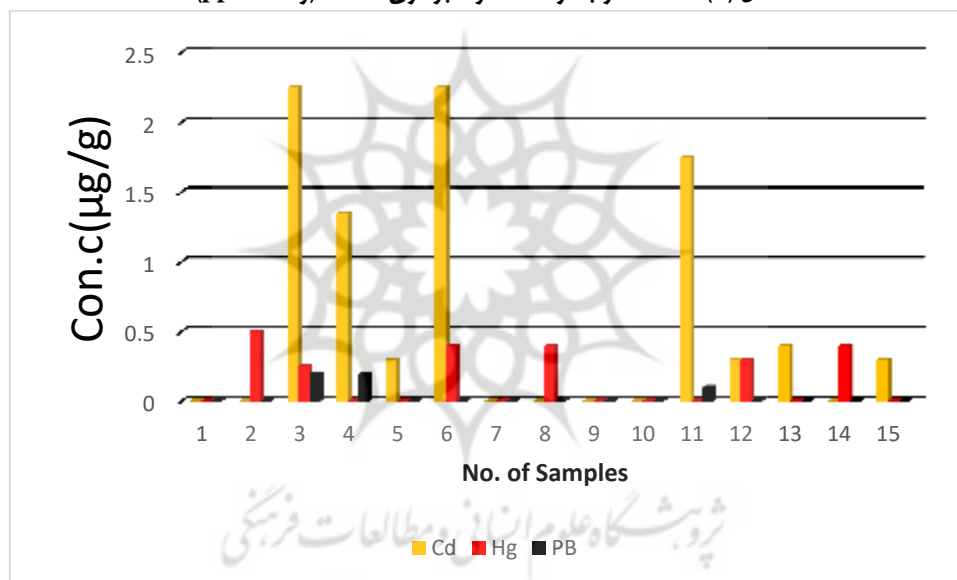


شکل (۵). غلظت کادمیوم در نقاط نمونه برداری مختلف (واحد: ppm)

در محل های نمونه میدان راه آهن و نصف راه، جاده آذرشهر به سمت ایلخچی و مارالان تراکم جمعیت و فعالیت های انسانی بیشتر که در تشکیل گرد و غبارهای اتمسفری به ویژه سرب نقش دارند، شامل ترافیک سنگین و وسایل نقلیه موتوری، و فعالیت های کارگاهی و صنعتی می باشند. تراکم سرب در گرد و غبار شهری از منابع بنزین، روغن وسایل نقلیه و ساییدگی است. آلودگی های ترافیکی باعث ایجاد افزایش سرب می شود که دارای خطر جدی برای سلامت انسان محیط زیست می باشد، شکل (۶).



شکل (۶). غلظت سرب در نقاط نمونه برداری مختلف (واحد: ppm)



شکل (۷). ترکیب روند غلظت کادمیوم، جیوه و سرب در نقاط نمونه برداری مختلف (واحد: ppm)

با توجه به نتایج بدست آمده، به طور کلی میزان عنصر آلاینده کادمیوم نسبت به سایر آلاینده های مورد مطالعه در نقاط ۱۵ گانه مطالعه شده بیشتر است. همچنین میزان این عنصر به ترتیب در نقاط (جاده آذرشهر به سمت ایلخچی) ۳، ۶ (دروازه تهران) و ۱۱ (میدان راه آهن و نصف راه) بیشترین مقدار است. اثرات نامطلوب فلز کادمیوم در نمونه های مربوط به نقاط جاده آذرشهر به سمت ایلخچی، خیابان مارالان، چای کنار تا پل سنگی، دروازه تهران، میدان راه آهن و نصف راه، شمس تبریزی، خیابان قونقا، منظره (۳، ۴، ۵، ۶، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۵) در کودکان و بزرگسالان بسیار شدید است.

میزان عنصر جیوه در نمونه های مربوط به نقاط (خیابان شریعتی (شهناز) ۲، (جاده آذرشهر به سمت ایلخچی) ۳، ۶ (دروازه تهران)، ۸ (زعفرانیه)، (شمس تبریزی) ۱۲ و (بازار و راسته کوچه) ۱۴ زیاد و اثرات نامطلوب آن در کودکان و بزرگسالان بسیار شدید است.

میزان عنصر آلاینده سرب در نمونه های مربوط به نقاط جاده آذرشهر به سمت ایلخچی، خیابان مارالان، میدان راه آهن و نصف راه (۳، ۴ و ۱۱) زیاد و اثرات نامطلوب آن برای بزرگسالان متوسط و برای کودکان شدید است. مقدار مجاز ضریب خطر (HQ) برای افراد بزرگسال و کودکان کمتر از یک است.

جدول (۲). میزان خطرات بهداشتی براساس ضریب خطر

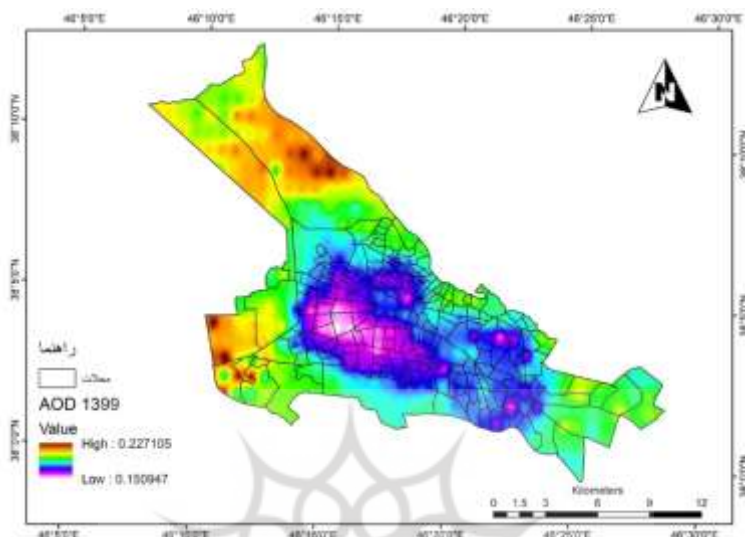
ردیف	میزان خطرات بهداشتی براساس ضریب خطر
۱	خطر حداقل $HQ \leq 1$
۲	خطر کم $1 < HQ < 5$
۳	خطر متوسط $5 < HQ < 10$
۴	خطر بالا $HQ \leq 10$

جدول (۳). نتایج تحلیل میزان خطر عناصر مورد مطالعه بر روی افراد بزرگسال و کودکان

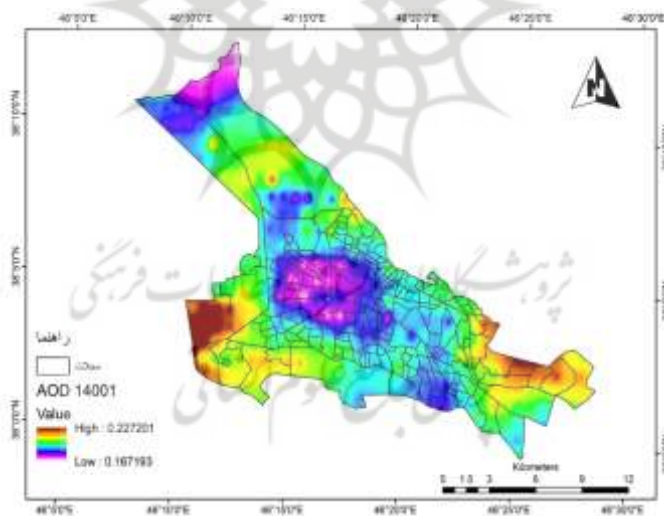
HQ برای کودکان				HQ برای بزرگسالان			
Pb	Hg	Cd	نقطه نمونه برداری	Pb	Hg	Cd	نقطه نمونه برداری
۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۱
۰	۲۱۸۷۲/۲۲	۰	۲	۰	۲۷۳۴/۰۲	۰	۲
۳۴/۱	۱۰۷۸۳/۳۳	۲۸۰۳۳/۳۳	۳	۴/۲۶	۱۳۴۷/۹۱	۳۵۰۴/۱۶	۳
۳۸/۵۲	۰	۱۹۰۰۰	۴	۴/۸۱	۰	۲۳۷۵	۴
۰	۳۶۸/۷۷	۲۳۴۸/۳۳	۵	۰	۴۶/۰۹	۲۹۳/۵۴	۵
۰	۱۱۴۸۳/۳۳	۲۳۵۶۶/۶۶	۶	۰	۱۴۳۵/۴۱	۲۹۴۵/۸۳	۶
۰	۰	۰	۷	۰	۰	۰	۷
۰	۲۱۰۰۵/۵۵	۰	۸	۰	۲۶۲۵/۶۹	۰	۸
۰	۰	۰	۹	۰	۰	۰	۹
۰	۱۵/۴	۰	۱۰	۰	۱/۹۲	۰	۱۰
۳۴/۷۱	۰	۲۵۴۱۶/۶۶	۱۱	۴/۳۳	۰	۳۱۷۷/۰۸	۱۱
۰	۴۳۵۷/۲۲	۱۲۴۴/۱۶	۱۲	۰	۵۴۴/۶۵	۱۵۵/۵۲	۱۲
۰	۰	۱۹۵۱/۶۶	۱۳	۰	۰	۲۴۳/۹۵	۱۳
۰	۷۰۹۴/۴۴	۰	۱۴	۰	۸۸۶/۸۰	۰	۱۴
۰	۰	۱۰۵۶/۶۶	۱۵	۰	۰	۱۳۲/۰۸	۱۵

با توجه شکل (۸ و ۹) طوفان گرد و غبار در سال ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ تبریز در اتوبان شهید کسایی، باعث وقوع تندبادهای لحظه‌ای و ورود توده گرد و غبار فرامنطقه ای و محلی شد. میزان غلظت ذرات گرد و غبار در مناطق مختلف مکان های مورد مطالعه بسته به موقعیت جغرافیایی، شرایط توپوگرافی، اقلیمی و همچنین منشا آن‌ها اعم از داخلی و خارجی متفاوت است. از طرفی در منطقه مورد مطالعه از لحاظ مقادیر غلظت و چگونگی روند آن دارای نظام همگنی نیستند. همچنین در ماه‌ها و فصول مختلف سال میزان غلظت ذرات گرد و غبار متفاوت می باشد و پدیده‌های اقلیمی نیز در این رابطه تاثیر گذارند. در منطقه مورد مطالعه غلظت ضخامت نوری ذرات گرد و غبار را نشان می‌داد. این تصاویر توانسته است میزان وسعت و غلظت گرد و غبار را با استفاده از ضخامت نوری، در ماه‌های که با فراوانی بالای رخداد گرد و غبار نشان می‌دهد. به لحاظ مکانی شمال غرب (فرود گاه) بیشترین تراکم را دارد.

زلفی و همکاران (۱۳۹۳) نیز موفق به یافتن تاثیر آلاینده‌های جوی بر بیماری‌های قلبی و عروقی در تبریز شده‌اند به همین ترتیب نتایج یافته‌های غلامپور و همکاران (۱۳۹۳) نیز اثرات منفی ریزگردها و آلاینده‌های جوی تبریز را نشان می‌دهد. روند افزایش آلاینده‌هایی چون گرد و غبار و گازهای منتشره به‌ویژه در این فصل بیشتر محدود به ساعات اوج ترافیک می‌شوند. سکون نسبی جو از جمله عدم بارندگی مناسب و وزش باد نیز به تجمع آلاینده‌ها کمک می‌کند شکل (۸ و ۷).



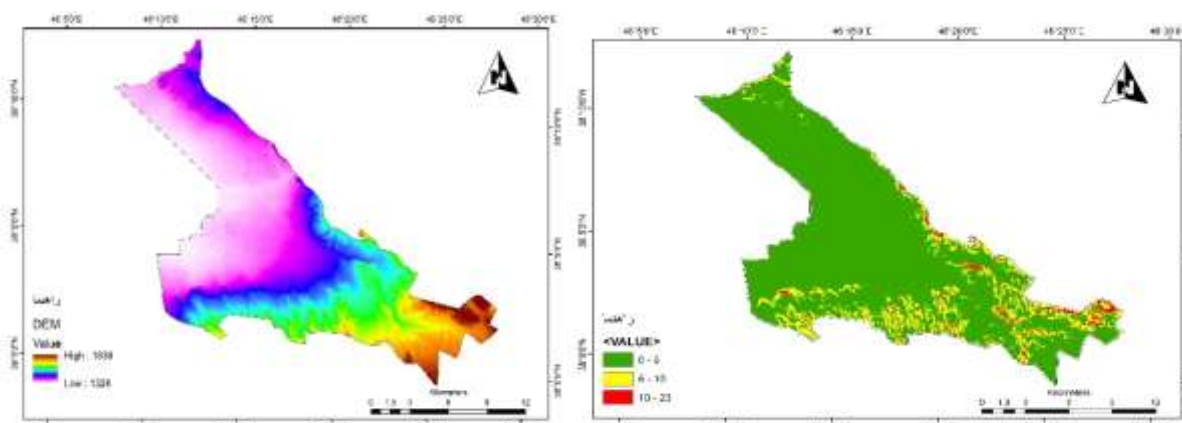
شکل (۸). پراکنش مکانی AOD در سال ۱۳۹۹



شکل (۹). پراکنش مکانی AOD در سال ۱۴۰۰

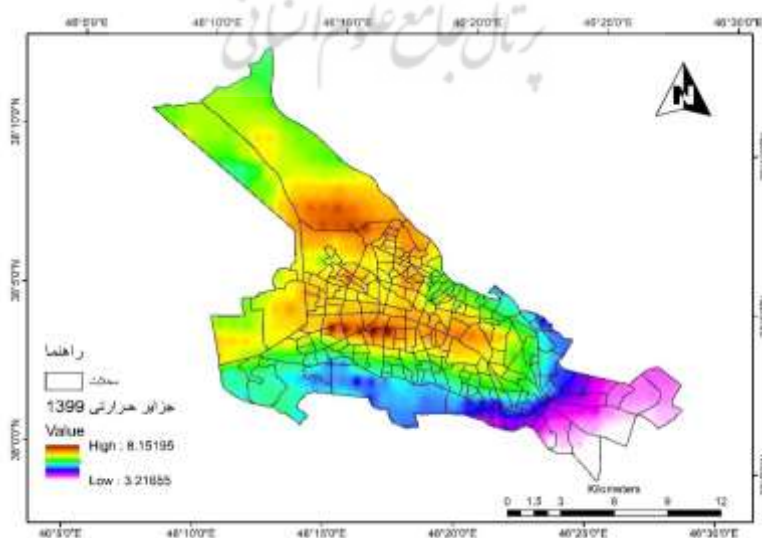
کوه‌های شمال و شمال شرق تبریز مانع خروج آلودگی‌ها از طریق جریان باد می‌شوند، در نتیجه آلودگی هوای نواحی مرکزی شهر به خاطر انباشته شدن آلودگی ناشی از خودروها، انواع دودکش‌ها و آلودگی‌های منتقل شده از حومه شهر، تشدید می‌یابد. از طرف دیگر بالا بودن دمای هوا در مرکز شهر و تشکیل جزایر حرارتی در آن باعث ایجاد بادهای محلی از حومه به طرف مرکز شهر می‌شود. با انتقال آلودگی‌ها از حومه به مرکز شهر توسط این بادها، وضعیت آلودگی در مرکز شهر به طرز خطرناکی افزایش می‌یابد شکل (۱۰ و ۱۱).



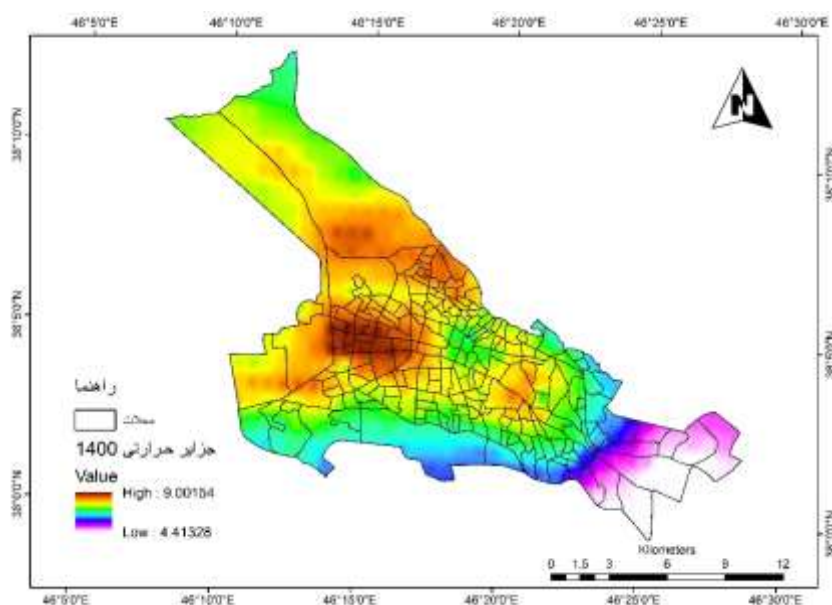


شکل (۱۰). پراکنش نقشه شیب (درجه) منطقه مورد مطالعه  
شکل (۱۱). نقشه توپوگرافی منطقه مورد مطالعه

افزایش تردد خودروها و تمرکز بالای آن در داخل قسمت مرکزی تبریز، میزان تغییرات میانگین سالانه دما را در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به ترتیب به ۸/۱۵ و ۹ درجه سانتیگراد افزایش داده است. گسیل گرما در اثر فعالیت‌های انسانی (گرمایش مسکونی، واحدهای صنعتی، وسایل نقلیه موتوری و غیره) در ایستگاه تبریز یکی از مهم‌ترین منابع تزریق گرما در لایه‌های زیرین جو تلقی می‌شود اثرات محیط‌های شهری بر روی جو و لایه مرزی آن بیشتر به صورت جزیره حرارتی ظاهر شده و این جزیره‌ها معمولاً توسط سطح مجزایی که شار گرمایی بیشتری از اطرافشان دارند، مشخص می‌شوند. گرادیان‌های افقی دمایی شدید نیز گاهی در مرزهای بین جزیره حرارتی و مناطق اطراف آن‌ها ایجاد می‌گردد. در شرایط آسمان صاف، هوای آنتی سیکلونیک شبانه، بادهای محلی تضعیف و زمینه تکوین جزیره حرارتی شهر فراهم می‌شود. (۱۱ و ۱۲). به علت غربی بودن جریان باد غالب و استقرار بخش مهمی از صنایع استان در غرب تبریز، غالب آلودگی‌های ناشی از صنایع مستقر در این منطقه به سمت مرکز شهر رانده می‌شود. در فصل گرم سال و منطقه‌ی خاورمیانه بیشتر در حاکمیت پرفشار جنب حاره‌ای، به همراه جریانات جت حاره است که این شرایط، سبب فرونشینی هوا و آسمانی صاف و جوی پر ارتفاع در منطقه می‌شود و در نتیجه آن، دریافت فراوان انرژی تابشی در سطح زمین و شکل‌گیری کم فشار حرارتی است. شرایط جو در زمان شکل‌گیری طوفان، افزایش سرعت باد و وجود حرکت چرخند روی خاک خشک و بدون پوشش، زمینه را برای برداشت ذرات خاک فراهم آورده و با گسترش شرایط کم فشاری سطحی و تقویت شرایط ناپایدار به لایه‌های ریزین جوی، طوفان بعد از شکل‌گیری گسترده شده و گرد و غبار به سمت شمال غرب به خصوص شهر تبریز کشیده شده است (شکل ۱۲ و ۱۳).



شکل (۱۲). پراکنش مکانی جزیره حرارتی در سال ۱۳۹۹



شکل (۱۳). پراکنش پراکنش مکانی جزیره حرارتی در سال ۱۴۰۰

## نتیجه‌گیری

پدیده گرد و غبار یکی از مخاطرات محیطی مناطق خشک و نیمه خشک است که متاثر از شرایط جوی خاصی است و همه ساله خسارات زیادی را به محیط و سلامت انسان‌ها وارد می‌کند. در این پژوهش به تحلیل وضعیت غلظت فلزات سنگین در هوای تبریز و نواحی پیرامونی آن به‌ویژه در روزهای خاصی که پدیده گرد و غبار روی داده، پرداخته شد. یافته‌های این تحقیق نشان داد که در نمونه‌های مورد آزمایش و تحلیل شده از گرد و غبار منطقه، خطر آلودگی ناشی از سرب در نمونه‌های ۳، ۴ و ۱۱ (دربرگیرنده مناطق مارالان، به سمت ایلخچی، راه‌آهن و نصف راه) برای بزرگسالان متوسط و برای کودکان شدید بوده است. خطر فلز جیوه در نمونه‌های ۲، ۳، ۶، ۸، ۱۲ و ۱۴ (شامل مناطق شریعتی، به سمت ایلخچی، ۱۷ شهریور، شمس تبریزی، بازار و راسته کوچه) برای افراد مسن و کودکان هر دو شدید بوده است. اثرات مضر فلز جیوه در نمونه ۵ در بزرگسالان کم اما در کودکان شدید است. میزان اثرات نامطلوب کادمیوم در نمونه‌های ۳، ۴، ۵، ۶، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۵ (جاده آذرشهر، مارالان، چای کنار تا پل سنگی، دروازه تهران، میدان راه‌آهن، نصف راه، شمس تبریزی، قونقا و منظریه) در کودکان و بزرگسالان بسیار شدید بوده است. نکته‌ای که در این تحلیل اهمیت دارد، این است که تمرکز آلاینده‌ها و وجود فلزات سنگین در گرد و غبارهای نمونه‌برداری شده در مناطق مرفه‌نشین تبریز از قبیل ولی‌عصر، زعفرانیه، کوی فردوس و باغچه‌بان به ثبوت نرسید و این می‌تواند ناشی از عوامل متعددی مانند شکل توپوگرافی و وجود ارتفاعات در اطراف این مناطق، دارا بودن محیط زیست نسبتاً مطلوب‌تر در این نواحی و نیز عوامل اقلیمی محلی هم‌چون میکروکلیم و عدم نفوذ عناصر آلاینده به این مناطق دانست. از آن‌جا که در سال-های اخیر طوفان‌های گرد و غبار در تبریز به طور فزاینده‌ای افزایش یافته و نقش مهمی در کیفیت شرایط آب‌وهوایی به وجود آورده، و این‌که نیمه غربی کشور ایران در همجواری بیابان‌های بزرگی قرار دارد و گرد و غبار این بیابان‌ها به طور مستمر کشور ایران و نیز منطقه تبریز را تحت تاثیر خود قرار می‌دهند، با توجه به شرایط خشکی دریاچه ارومیه نیاز به بررسی و مطالعه دائمی و پایش مداوم ریزگردها وجود دارد. نتایج این پژوهش با مطالعاتی چین و همکاران (۲۰۱۴)، وی و همکاران (۲۰۱۵)، چارلزورث و همکاران (۲۰۰۳)، ندافی و همکاران (۲۰۰۶)، و بائر و همکاران (۲۰۱۹) نیز همخوانی دارد.

## منابع

- زلفی، الهه و همکاران: برآورد بیماری‌های قلبی-عروقی و تنفسی متناسب به ذرات معلق کمتر از ۱۰ میکرون موجود در هوای شهر تبریز در سال ۱۳۹۰، مجله علمی-پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی ایلام، ۱۳۱(۱): ۹۱-۸۴، ۱۳۹۳.
- عساکره، حسین؛ احدی، لیلا: بررسی رابطه تپ‌های هوایی تبریز و آلودگی هوا، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۳: ۵۲(۳۹۴-۳۷۵)، ۱۳۹۹.
- غلامپور، اکبر و همکاران: بررسی تغییرات غلظت ذرات معلق هوای آزاد و ارزیابی اثرات بهداشتی متناسب به آن‌ها در شهر تبریز، مجله سلامت و محیط، ۷(۴): ۵۵۶-۵۴۱، ۱۳۹۳.
- منشوری، محمد؛ و طبعی، یگانه: بررسی علل پیدایش کسند قرمز و کنترل آن در آب‌های خلیج فارس، دوازدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران، ۱۲ آبان ۱۳۸۸، دانشکده علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران.
- رایگانی، بهزاد، خیراندیش، زهرا(۱۳۹۶). بهره‌گیری از سری زمانی داده‌های ماهواره‌های به منظور اعتبارسنجی کانونهای شناسایی شده تولید گرد و غبار استان البرز، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال چهارم، شماره ۴، صفحات ۱۸-۱.
- عساکره، حسین؛ اکبرزاده، یونس؛ (۱۳۹۵)، شبیه‌سازی تغییرات دما و بارش ایستگاه سینوپتیک تبریز طی دوره (۲۰۱۰-۲۰۱۰) با استفاده از ریز مقیاس‌نمایی آماری (SDSM) و خروجی مدل (CanESM2)
- منصور مقدم، منصور، نقی پور، نگار، روستا، ایمان، غفاریان، حمیدرضا(۱۴۰۱). نشریه مدیریت بیابان، سال دهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۱، صفحات ۷۷ تا ۹۸
- مهندسین مشاور عرصه، (۱۳۷۴)؛ طرح جامع تبریز، وزارت مسکن و شهرسازی، تهران
- ناطق، سعیده، گوهر دوست، آزاده، سلیمانی ساردو، فرشاد(۱۴۰۱). واکاوی اثر پوشش گیاهی ب ر وقوع پدیده گرد و غبار (مطالعه موردی: استان هرمزگان)، نشریه پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۶۰-۴۳
- Arslan, H. 2001. Heavy metals in street dust in Bursa, Turkey. J. Trace. Microprobe Tech. 19: 439-445.
- Ataei, H., & M. Heidari., (2017). Investigating the Effect of Climate Change and Dust on Respiratory Diseases (Case Study: Ahvaz City). Journal of Environment and Biotechnology. 3(2), 1-10.
- Bauer SE, Im U, Mezuman K, Gao CY. Desert Dust, Industrialization, and Agricultural Fires: Health Impacts of Outdoor Air Pollution in Africa. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2019:124(7):4104-20.
- Bennion, P., Hubbard, R. O'Hara, S., Wiggs, G., Wegerdt, J., Lewis S. and Small, I2007. The impact of airborne dust on respiratory health in the children living in the Aral Sea region. Int. J. Epidemiol 5: 1103-111.
- Brignole D, Drava G, Minganti V, Giordani P, Samson R, Vieira J, et al. Chemical and magnetic analyses on tree bark as an effective tool forbiomonitorin g: A case study in Lisbon (Portugal). Chemosphere. 2018:195:508.
- Charlesworth, S., et al., A comparative study of heavy metal concentration and distribution in deposited street dusts in a large and a small urban area: Birmingham and Coventry, West Midlands, UK. Environment International, 2003. 29(5): p. 563-573.
- Charney, C. G. 1975. Dynainics of deserts and drought in the Sahel. Q. J. R. Meteorol. Soc. 101: 193-202.
- Chen, H., X. Lu, and L.Y. Li, Spatial distribution and risk assessment of metals in dust based on samples from nursery and primary schools of Xi'an, China. Atmospheric Environment, 2014. 88: p. 172-182.
- Díaz, R. and E.R. Dominguez, Health risk by inhalation of PM 2.5 in the metropolitan zone of the City of Mexico. Ecotoxicology and environmental safety, 2009. 72(3): p. 866-871.
- Draxler, R. R., Gillette, D. A., Kirkpatrick J. S. and Heller, J. 2001. Estimating PM10 concentration from dust storm in Iraq, Kuwait, and Saudi Arabia. Atmos. Environ. 35: 4315-4330.
- Engelstaedter, S., Tegan, I. and Washington, R. 2006. North African dust emissions dust and transport. Earth Sci. Rev. 79: 73-100.

- Fallah Zazuli M, Vafaeinezhad A, Kheirkhah Zarkesh MM, Ahmadi Dehka F. Source routing of dust haze phenomenon in the west and southwest of Iran and its synoptic analysis by using remote sensing and GIS. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*. 2014, 5(4):61-78.
- Figueroa, D.A., C.J. Rodríguez-Sierra, and B.D. Jiménez-Velez, Concentrations of Ni and V, other heavy metals, arsenic, elemental and organic carbon in atmospheric fine particles (PM<sub>2.5</sub>) from Puerto Rico. *Toxicology and industrial health*, 2006. 22(2): p. 87-99.
- Goudarzi G, Shirmardi M, Naimabadi A, Ghadiri A, Sajedifar J. Chemical and organic characteristics of PM<sub>2.5</sub> particles and their in-vitro cytotoxic effects on lung cells: The Middle East dust storms in Ahvaz, Iran. *Science of the Total Environment*. 2019:655:434- 45.
- Hatami-Manesh M, Mortazavi S, Solgi E, Mohtadi A. Assessing the capacity of trees and shrubs species to accumulate of particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>0.2</sub>). *Iranian Journal of Health and Environment*. 2019:12(1):1-16
- Hieu, N.T. and B.-K. Lee, Characteristics of particulate matter and metals in the ambient air from a residential area in the largest industrial city in Korea. *Atmospheric Research*, 2010. 98(2): p. 526-537.
- Lenes, J. M., Darrow, B. A., Walsh, J. J., Prospero, J. M., R., He, R., Weisberg, H., Vargo, G. A. and Heil, C. A. 2008. Saharan dust and phosphatic fidelity: A three dimensional biogeochemical model of Trichodesmium as a nutrient source for red tides on the west Florida shelf. *Cont. Shelf Res*. 28: 1091-1115.
- Luo, L., Ma, Y., Zhang, S., Wei, D. and Zhu, Y. 2009. An inventory of trace element inputs to agricultural soils in China. *J. Environ. Manage*. 90: 2524-2530.
- Mobasheri, A.; Kalamegam, G.; Musumeci, G.; & M. E. Batt, 2014. Chondrocyte and mesenchymal stem cell-based therapies for cartilage repair in osteoarthritis and related orthopaedic conditions, *Maturitas* 78, 188–198. doi: 10.1016/j.maturitas.2014.04.017.
- Nadafi K, Nabizadeh N, Soltanianzadeh Z, Ehrampoush M. Evaluation of dustfall in the air of Yazd. 2006.
- Ramanathan, V., & P. J. Crutzen., (2003). New directions: Atmospheric brown clouds. *Atmosphere Environment*. 37, 4033-4035.
- Saeedi, M., Li, L. Y. and Salmanzadeh, M. 2012. Heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons: pollution and ecological risk assessment in street dust of Tehran. *J. Hazardous Mater*. 227: 9-17.
- Sing, D. and Sing, C. F. 2010. Impact of direct soil exposures from airborne dust and geophagy on human health. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 7: 1205-1223.
- Soltani, N., Keshavarzi, Moore, Tavakol Lahijanazadeh, A. R. and Jaafarzadeh, N. 2015. Ecological and human health hazards of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in road dust of Isfahan metropolis. *Iran, Sci. Total Environ* 505:712-723.
- Song C, He J, Wu L, Jin T, Chen X, Li R, et al. Health burden attributable to ambient PM<sub>2.5</sub> in China. *Environmental pollution*. 2017:223:575-86.
- Tao, M.; Li, R.; Wang, L.; Lan, F.; Wang, Z.; Tao, J.; & L. Chen, 2020. A critical view of long-term AVHRR aerosol data record in China: Retrieval frequency and heavy pollution, *Journal of Atmospheric Environment*, 223, 117246.
- Voogt, J. A., & Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates. *Remote sensing of environment*, 86 (3): 370-384.
- Wei, X., et al., Pollution characteristics and health risk assessment of heavy metals in street dusts from different functional areas in Beijing, China. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2015. 112: p. 186-192.
- World Air Quality, 2021 <https://www.iqair.com/iran/east-azerbaijan/tabriz>.