

S.X.Davlatova

Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti 2-bosqich magistranti,

U.S.Qalandarov

*Abu Rayhon Beruniy nomidagi Urganch davlat universiteti, Geodeziya,
kartografiya va kadastr kasedrasi dotsenti, g.f.f.d (PhD).*

Urganch sh. O'zbekiston

SHAHARLAR ATMOSFERA HAVOSI IFLOSLANISHINI O'RAGNISHNING AHAMIYATI

Annotatsiya. Ushbu maqola Urganch shahri atmosfera havosi ifloslanishini kartografik tahlil qilishni o'rganishga qaratilgan markazlar, institutlar va tadqiqotlarning qisqacha sharxiga asoslangan.

Kalit so'zlar: Havo ifloslanishi, xalqaro markazlar, PM_{2.5}, PM₁₀, CO, NO₂, SO₂.

С.Х. Давлатова

*Магистрант 2-го курса Ургенчского государственного университета
имени Абу Райхона Беруни,*

У.С. Каландаров

*Доцент кафедры геодезии, картографии и кадастра Ургенчского
государственного университета имени Абу Райхона Беруни,*

Доктор философии по географическим наук (PhD),

г. Ургенч, Узбекистан

ЗНАЧЕНИЕ ИЗУЧЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ГОРОДОВ

Аннотация. Данная статья основана на кратком обзоре центров, институтов и исследований, направленных на изучение картографического анализа загрязнения атмосферного воздуха города Ургенч.

Ключевые слова: загрязнение воздуха, международные центры, PM_{2.5}, PM₁₀, CO, NO₂, SO₂.

S.X.Davlatova

*2nd-year Master's Student, Urgench State University named after Abu Rayhan
Beruni.*

U.S.Qalandarov

*Associate Professor, Department of Geodesy, Cartography and Cadastre, Urgench
State University named after Abu Rayhan Beruni, PhD in Geographical Sciences.*

Urgench city, Uzbekistan

THE IMPORTANCE OF STUDYING AIR POLLUTION IN URBAN AREAS

Abstract. This article is based on a brief review of centers, institutes, and studies aimed at studying the cartographic analysis of atmospheric air pollution in the city of Urgench.

Keywords: Air pollution, international centers, PM_{2.5}, PM₁₀, CO, NO₂, SO₂.

Shaharlar atmosfera havosining ifloslanishi dunyo miqyosida jiddiy ekologik xavf darajasiga yetib ulgurgan. Respublikamiz poytaxti Toshkent shahrining oxirgi oylarda dunyoning atmosfera havosi eng ifloslangan shaharlar reytingida yetakchilik qilishi ushbu mavzuning dolzarbligini ko'rsatadi. Ushbu masala bo'yicha dunyoda ko'plab ilmiy tadqiqot institutlari va markazlari bir qancha tadqiqotlar olib bormoqdalar.

Jumladan, Atrof-muhit fanlari tadqiqotlari kooperativ instituti (CIRES, AQSh)¹, Norvegiya atmosfera havosi tadqiqotlari instituti (NILU, Norvegiya)², Hindiston tropik meteorologiya instituti (IITM, Hindiston)³, Maks Plank kimyo instituti (MPI, Germaniya)⁴, Atmosfera tadqiqotlari kooperativ instituti (CIRA, AQSh)⁵, Respublika atmosfera havosini muhofaza qilish ilmiy tadqiqot markazi (RCA, Qozog'iston)⁶, Cape Grim bazaviy atmosfera havo ifloslanishi stantsiyasi (CGBAPS, Avstraliya)⁷ va hokozalar.

Respublikamizda ham bunday ilmiy-tadqiqot markazlari mavjud. Masalan, O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining Atmosfera havosini muhofaza qilish instituti⁸, O'zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi davlat qo'mitasi⁹, Gidrometeorologiya ilmiy tadqiqot instituti¹⁰ shular jumlasidandir.

¹ Cooperative Institute for Research in Environmental Sciences (CIRES) – AQSh. ciresmc@colorado.edu

² Norwegian Institute for Air Research(NILU) –Norvegiya. luftkvalitet@nilu.no

³ Indian Institute of Tropical Meteorology (IITM)-Hindiston. iitm-env@nic.in and iitmenvis@gmail.com

⁴ Max Planck Institute for Chemistry – Germaniya. pr@mpic.de

⁵ Cooperative Institute for Research in the Atmosphere(CIRA) – AQSH. aira@aira.org

⁶ Republican Scientific Research Center of Atmospheric Air Protection – Qozog'iston. mail@atmosfera.kz

⁷ Cape Grim Baseline Air Pollution Station (CGBAPS) – Avstraliya. capegrim@bom.gov.au

⁸ O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Atmosfera havosini muhofaza qilish instituti. kanselyaria@academy.uz

⁹ O'zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o'zgarishi davlat qo'mitasi. info@uznature.uz

¹⁰ Gidrometeorologiya ilmiy tadqiqot instituti. info@nigmi.uz

Yuqoridagilar bilan bir vaqtda sharlar atmosfera havosining ifloslanishi ko'plab olimlar va izlanuvchilar tomonidan o'rganilmoqda: Yang va boshqa (2011) olimlarning tadqiqotlarida Xitoyning turli shaharlari atmosfera havosi ifloslanishi kartografik tahlil qilingan. Olingan natijaga ko'ra $PM_{2.5}$ tarkibi shaharlar va geografik mintaqalar bo'yicha juda katta farq qilgan. Shimoliy va g'arbiy Xitoydagi shaharlarda konsentratsiyalar juda yuqori ($>100 \mu g/m^3$), butun tarkibda organik moddalar, karbon, cho'kindi moddalari va sulfat-nitrat-ammoniy guruhlari katta ulushni egallaganligi ham aniqlangan. Ushbu natijalarni olishga jamoat transport vositalariga qo'yilgan maxsus moslamalardan keng foydalanilgan.

Kazem Naddafi va boshqalar (2012) o'zlarining maqolasida Tehron atmosfera havosi ifloslanishini PM_{10} , SO_2 , NO_2 va O_3 bo'yicha tahlillar olib borishgan. Izlanishlar natijasi Tehron atmosfera havosi ifloslanishi shahar aholisi o'limi, yurak va nafas olish kasalliklari bo'yicha eng katta ta'sirga ega bo'lgan va 8,700,000 kishidan iborat aholida bir yil ichida taxminan 2,194 kishi o'lim sodir bo'lganligini kuzatilgan. Ushbu natijalarni olishda dala tadqiqoti namunalari, statistik ma'lumotlardan foydalanilgan.

Zhen Cheng va boshqalar (2016) 45 ta global megashaharlarni atmosfera havosi ifloslanishini o'rganishgan. Tadqiqot natijasida atmosfera havosi ifloslanishi holati kuz va qish oylarida ortishi kuzatilgan. Unda ifloslantiruvchi changlar tarkibida sulfat, nitrat, ammoniy kabi organik moddalar katta ulushi aniqlangan. Ushbu natijalar turli tadqiqot guruhlari tomonidan o'lchangan dala tadqiqot namunalari tayanib amalga oshirilgan.

Mehrnoosh Abtahi va boshqalarning (2018) tadqiqotlarida Tehron havosidagi uchuvchi organik birikmalar, jumladan benzol, toluol, etilbenzol va oksilenlar toifasiga kiruvchi ayrim ifloslantiruvchi moddalarning konsentratsiyasi tizimli tahlil va meta-tahlil yondashuvi yordamida baholangan. Tadqiqotda Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (EPA) tomonidan tavsiya etilgan usullardan foydalanilgan. Tahlillar shuni ko'rsatganki, Tehron havo tarkibidagi ifloslantiruvchi

moddalar uzoq muddatli nafas yoʻl kasalliklarini keltirib chiqargan va ushbu moddalarning chiqishini kamaytirish, transport va sanoat manbalarini nazorat qilishga oid tavsiyalari berilgan. Ushbu natijalarni olishda statistik maʼlumotlar, havo sifatini oʻlchovchi turli sensorlardan olingan namunalardan foydalanilgan.

Sasan Faridi va boshqalar (2018), oʻzlarining maqolasida Eron shahridagi 2006-2015-yillarda atmosfera havosi ifloslanishini $PM_{2.5}$ va O_3 darajalari boʻyicha tadqiqot olib borganlar. Tadqiqot natijalari koʻproq yurak ishemik kasalligi, insult, oʻpka saratoni, quyi nafas yoʻllari infeksiyalari kabi kasalliklarga olib kelgan, O_3 esa nafas olish kasalliklari kuzatilgan oʻlim holatining kichik, lekin sezilarli qismini tashkil etgan. Ushbu tadqiqot natijalari 21ta tartibga soluvchi monitoring tarmogʻi stansiyalarida oʻlchangan $PM_{2.5}$ va O_3 kontsentratsiyasi maʼlumotlaridan olingan.

Reza Bayat va boshqalar (2019) oʻzlarining izlanishlarida havo ifloslanishining aholiga taʼsirini oʻrganganlar. Unda 2017-yilida $PM_{2.5}$ ifloslanishi sababli 25 yoshdan katta aholida taxminan 7,146 oʻlim holati kuzatilganligi aniqlangan. Umumiy iqtisodiy zarar koʻlami esa yuz millionlab dollarga yetgan. Mualliflar ushbu natijalarni olishda havo sifatini tekshiruvchi stansiyalar maʼlumotlaridan keng foydalanganlar.

Fatemeh Yousefian va boshqalar (2020) oʻzlarining tadqiqotlarida Tehronda 2012–2017-yillarda atmosfera havosi ifloslanishini shamol tezligi, NO_2 va CO kontsentratsiyasi jihatidan tadqiqotlar olib borishgan. Ushbu tadqiqotda atmosfera havosi ifloslanishini shamol tezligi, NO_2 va CO larning oʻzaro aloqadorligi va inson salomatligiga taʼsiri oʻrganilgan. Buning uchun gidrometrologik stansiyalardan olingan namunalardan foydalanilgan.

John P. Wilson va boshqalar (2020) oʻz tadqiqot ishlarida 33 ta megashaharlardan atmosfera havosini ifloslantiruvchi zarralar diametri ekotizimga va inson salomatligiga taʼsirini oʻrganishgan. Natijada atmosfera havosini

ifloslantiruvchi zarralarning o'lchami kasalliklarning turiga bog'liq bo'lishi aniqlangan. Ushbu natijalar dala tadqiqoti namunalari asosida ishlab chiqilgan.

Singh va boshqa olimlar (2020) 2014-2019-yillarda Hindistonning beshta megashahrlarida $PM_{2.5}$ darajasi bo'yicha tadqiqotlar o'tkazishgan. Tadqiqotlar Dehli eng iflos shahar sifatida aniqlangan. Kuzatilgan yillarda 200 kundan ortiq vaqt davomida belgilangan normadan ko'p ifloslanish kuzatilgan. Qishda ifloslanish yuqori, yomg'irli va musson davrida pasaygan. Tadqiqot natijalari sun'iy yo'ldosh ma'lumotlarini asosida o'rganilgan.

Javad Torkashvand va boshqalar (2021) o'zlaring maqolasida Tehron atmosfera havosidagi ifloslantiruvchi zarrachalarni o'rganishgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra atmosfera havosini ifloslantiruvchi zarralar miqdori yuqori darajaga yetgan va shuningdek, iqlim va shamol yo'nalishlari ham atmosfera havosi ifloslanishida katta ta'sirga ega bo'lgan. Ushbu natijalar dala tadqiqoti namunalari, stansiyalardagi sensor ma'lumotlari asosida tahlil qilingan.

Sarkar Khan va boshqalar (2021) o'zlarining izlanishlarida Bangladesh shahrining karantin davrida atmosfera havosi ifloslanish darajasini o'rganishgan. Natijada ushbu davrida ifloslanish darajasi kamaygan, lekin karantin tugagach, darajalar qayta oshgan. Bu natijalar inson harakati va transport faoliyati to'xtashi natijasida atmosfera havosini tozalashda qisqa muddatli, ammo sezilarli ta'sir ko'rsatishini ko'rsatgan. Ushbu natijalar dala tadqiqot natijalari asosida olingan.

Lili Zhang va boshqa tadqiqotchilar (2022) o'zlarining izlanishlarida 33 ta megashaharda uzoq muddatli atmosfera havosi ifloslanishini tahlil qilishgan. Kuzatuvlarga ko'ra $PM_{2.5}$ ga chalinish yurak va nafas olish kasalliklari bilan bog'liq o'limlar sonining sezilarli darajada oshirgan. Ushbu natijalar 2000-2019-yillarda olingan sun'iy yo'ldosh ma'lumotlaridan foydalanilgan.

Zhuofan Li va boshqalarning (2022) tadqiqotlarida Xitoyning 6 ta katta shaharlaridan 2017-2020-yillarda atmosfera havosi ifloslanishi bo'yicha izlanishlar olib borilgan. Natijada $PM_{2.5}$ darajasi ~30% ga kamayishi kuzatilgan.

Meteorologik sharoitlar (harorat, shamol, bosim, namlik) ifloslanish darajasiga katta ta'sir ko'rsatgan va antropogen omillarning ham sezilarli ta'siri kuzatilgan. Bu natijalar statistik ma'lumotlar va o'lchash namunalari asosida olingan.

Haijun Zhou va boshqalarning (2022) tadqiqot ishlarida Shimoliy Xitoydagi atmosfera havosi tarkibi organik moddalar, chang, sulfat va nitratlar holati bo'yicha o'rganganlar. Natijalar COVID-19 karantini paytida zararli moddalar konsentratsiyasi kamaygan, ammo tabiiy chang manbalari havo ifloslanishiga katta ta'sir ko'rsatgan. Ushbu natijalar dala o'lchash namunalari asosida olingan.

Zhan va boshqalarning (2023) o'z izlanishlarini Xitoyning tog'li va urbanizatsiyalashgan hududlarida olib borilganlar va natijada relef va iqlim sharoitlari, shuningdek antropogen emissiyalar (yo'l transporti, sanoat, biomassa) havoning ifloslanishini kuchaytirganligi, yurak-nafas kasalliklari oshishi kuzatilgan. Na'munalar dala tadqiqoti namunalari va tajriba stansiyalari orqali olingan.

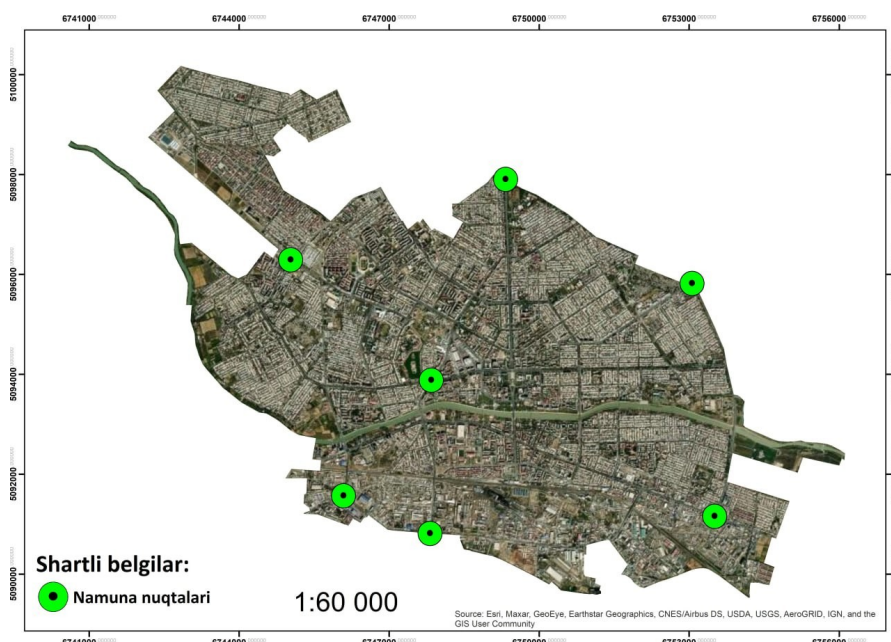
Ranjbar va boshqalar (2024) o'zlarining maqolasida Eronning 3ta eng ifloslangan viloyatida $PM_{2.5}$ va PM_{10} kontsentratsiyasining fazoviy vaqtincha taqsimoti va aholi salomatligi uchun xavfini baholashgan. Tehron viloyatida atmosfera havosi ifloslanishi $PM_{2.5}$ va PM_{10} darajalari qish faslida maksimal darajada bo'lgan, bahor oldidan pasaygan va aholi sog'ligiga salbiy ta'sirlari sezilarli darajada bo'lgan. Ushbu natijalar kuzatuv stansiyalaridan olingan ma'lumotlar asosida ishlab chiqilgan.

Zahra Nasiri va boshqalarning (2025) tadqiqotlarida Tehronning 2023-2024-yillarda atrof-muhitining fazoviy o'zgaruvchanligi va sog'liqqa ta'sirini baholash yuzasidan tahlillar olib borganlar. Shaharning turli qismlarida (shimoliy, markaziy, janubiy) $PM_{2.5}$ darajasi sezilarli farq qilgan, janub va markaziy hududlarda ko'proq ifloslanish kuzatilgan. Ushbu natijalar statistik ma'lumotlar, turli joylarga o'rnatilgan sensorlardan olingan.

Yuan va boshqalarning (2025) tadqiqotlarida Xitoy shaharlarining 2017-2022- yillardagi atmosfera havosi ifloslanishi tadqiq qilganlar. Ushu tadqiqot ishida $PM_{2.5}$ konsentratsiyasi $\sim 46.1 \mu g/m^3$ dan $\sim 30.6 \mu g/m^3$ gacha pasayganligi o'rganilgan va asosan izlanishlar dala tadqiqotlari natijalariga tayanilgan.

Respublikamizda ham shu kabi tadqiqotlarni olib borishga zarurat katta. Ayniqsa chang-tuzli kunlar ko'p va Orol dengizining qurigan qismlariga yaqin hududlar dastlabki tadqiqot obyekti bo'lishi zarur. Ushu ishda cho'llar bilan o'rgalغان, viloyat markazi bo'lgan, aholi hududning boshqa joylarga nisbatan zich bo'gan ma'muriy markazi – Urganch shahri tanlangan. Buning boshqa sabablari sifatida transport qatnovi va nisbatan ishlab chiqarish korxonalarining ko'pligi, aholi salomatligida kasalliklarning ortganligini kabilar ham mavjud. Ayrim tadqiqotchilarning (Matchanov va boshq., 2025) izlanishlariga ko'ra ushbu hududda qurg'oqchilik tez-tez sodir bo'layotgani keltirilgan va uning qurg'oqchilik holati baholangan. Bu ham tuproq namligi va o'simlik qoplamining kamayishi orqali chang-tuzlarning ko'ratilishiga sababchi bo'lmoqda.

Urganch shahrining geografik joylashuvi, iqlimi, Orol dengiziga yaqinligi, transport qatnovining ko'pligi, zavod fabrikalarning zichligi shu bilan birgalikda shaharga kirib keladigan chang-tuz bo'ronlarining katta ulushi uni tadqiqot obyekti sifatida tanlashga asos bo'ladi. Namuna olish joylarini tanlashda shamol yo'nalishi va boshqa bir qancha omillar hisobga olindi. Namuna olish nuqtalari 7 ta bo'lib, ularning 4 tasi shaharning chekka nuqtalari, 3 tasi shahar diaganali bo'yicha tanlandi (1-rasm).



1-rasm. Namuna olish nuqtalarining joylashuvi sxemasi.

Yuqoridagilardan xulosa qilsak, oʻrganilgan tadqiqotlarning asosiy qismi Xitoy va Eron davlatlariga tegishli ekanligi diqqatni tortadi. Buning asosiy sababi ushdu davlatlardagi jadal iqtisodiy rivojlanish natijalari boʻlishi mumkin.

Dala tadqiqotlari asosida Urganch shahrining karbonat angidrid, temperatura, namlik, chang birikmalari va yonuvchi gazlar boʻyicha atmosfera havosi tarkibidan rejali tazda naʼmunalar olish zarur. Shu bilan birga olingan natijalar Sentinel-5, MODIS sunʼiy yoʻldosh maʼlumotlari bilan qiyosiy oʻrganish va tahlil qilish ishlari olib borish maqsadga muvofiq. Bu aholi salomatligi va geotizim ekologik xavfsizligini taʼminlashga oid chora-tadbirlarni ishlab chiqishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Abadi, A.R.S.; Hamzeh, N.H.; Kaskaoutis, D.G.; Vuillaume, J.-F.; Shukurov, K.A.; Gharibzadeh, M. Spatio-Temporal Distribution of PM_{2.5} and PM₁₀ Concentrations and Assessment of Public Health Risk in the Three Most Polluted Provinces of Iran. *Sustainability* 2025, 17, 44. <https://doi.org/10.3390/su17010044>
2. Abtahi, M.; Fakhri, Y.; Oliveri Conti, G.; Ferrante, M.; Taghavi, M.; Tavakoli, J.; Heshmati, A.; Keramati, H.; Moradi, B.; Amanidaz, N.; et al. The Concentration of BTEX in the Air of Tehran: A Systematic Review-Meta Analysis and Risk Assessment. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 1837. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091837>
3. Bayat, Reza & Ashrafi, Khosro & Shafie-Pour-Motlagh, Majid & Hassanvand, Mohammad & Daroudi, Rajabali & Fink, Günther & Künzli, Nino. (2019). Health impact

and related cost of ambient air pollution in Tehran. *Environmental Research*. 176. 108547. 10.1016/j.envres.2019.108547.

4. Cheng Z, Luo L, Wang S, Wang Y, Sharma S, Shimadera H, Wang X, Bressi M, de Miranda RM, Jiang J, Zhou W, Fajardo O, Yan N, Hao J. Status and characteristics of ambient PM_{2.5} pollution in global megacities. *Environ Int*. 2016 Apr-May;89-90:212-21. doi: 10.1016/j.envint.2016.02.003. Epub 2016 Feb 15. PMID: 26891184.

5. Faridi S, Shamsipour M, Krzyzanowski M, Künzli N, Amini H, Azimi F, Malkawi M, Momeniha F, Gholampour A, Hassanvand MS, Naddafi K. Long-term trends and health impact of PM_{2.5} and O₃ in Tehran, Iran, 2006-2015. *Environ Int*. 2018 May;114:37-49. doi: 10.1016/j.envint.2018.02.026. Epub 2018 Feb 22. PMID: 29477017.

6. Li, Z.; Zhang, X.; Liu, X.; Yu, B. PM_{2.5} Pollution in Six Major Chinese Urban Agglomerations: Spatiotemporal Variations, Health Impacts, and the Relationships with Meteorological Conditions. *Atmosphere* 2022, 13, 1696. <https://doi.org/10.3390/atmos13101696>

7. Lili Zhang, John P. Wilson, Beau MacDonald, Wenhao Zhang, Tao Yu, The changing PM_{2.5} dynamics of global megacities based on long-term remotely sensed observations. *Environment International*, Volume 142, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105862>.

8. Lili Zhang, John P. Wilson, Na Zhao, Wenhao Zhang, Yu Wu. The dynamics of cardiovascular and respiratory deaths attributed to long-term PM_{2.5} exposures in global megacities. *Science of The Total Environment*. Volume 842, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156951>.

9. Matchanov M., Mudarra M., Nigmatov A., Boymurodov R., Jumabayev R., Hakimi A., Matchanov O. Drought evaluation in the Uzbekistan part of Khorezm oasis by geospatial methods / *Geodesy and Cartography*. ISSN: 2029-6991 / eISSN: 2029-7009. – 2025. – P. 1-16.

10. Naddafi K, Hassanvand MS, Yunesian M, Momeniha F, Nabizadeh R, Faridi S, Gholampour A. Health impact assessment of air pollution in megacity of Tehran, Iran. *Iranian J Environ Health Sci Eng*. 2012 Dec 17;9(1):28. doi: 10.1186/1735-2746-9-28. PMID: 23369114; PMCID: PMC3561072.

11. Nasiri Z, Naddafi K, Ahmadi Orkomi A, Hassanvand M S, Faridi S. Spatial variabilities and health impact assessment of ambient PM_{2.5} in Tehran during 2023-2024. *ijhe* 2025; 17 (4) :827-844 URL: <http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-7021-en.html>

12. Sarkar SK, Khan MMH. Impact of COVID-19 on PM_{2.5} Pollution in Fastest-Growing Megacity Dhaka, Bangladesh. *Disaster Med Public Health Prep*. 2021 Apr 30;1-4. doi: 10.1017/dmp.2021.131. Epub ahead of print. PMID: 33926600; PMCID: PMC8193182.

13. Singh, Vikas & Singh, Shweta & Biswal, Akash. (2020). Exceedances and trends of particulate matter (PM_{2.5}) in five Indian megacities. *Science of The Total Environment*. 750. 10.1016/j.scitotenv.2020.141461.

14. Torkashvand, J., Jafari, A.J., Hopke, P.K. et al. Airborne particulate matter in Tehran's ambient air. *J Environ Health Sci Engineer* 19, 1179–1191 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40201-020-00573-x>

15. Yang, F., Tan, J., Zhao, Q., Du, Z., He, K., Ma, Y., Duan, F., Chen, G., and Zhao, Q.: Characteristics of PM_{2.5} speciation in representative megacities and across China, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 5207–5219, <https://doi.org/10.5194/acp-11-5207-2011>, 2011.

16. Yousefian, F., Faridi, S., Azimi, F. et al. Temporal variations of ambient air pollutants and meteorological influences on their concentrations in Tehran during 2012–2017. *Sci Rep* 10, 292 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56578-6>

17. Yuan, L., Han, W., Meng, J., Wang, Y., Yu, H., and Li, W.: Uncovering the Impact of Urban Functional Zones on Air Quality in China, EGU sphere [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-3350>, 2024.
18. Zhan, C., Xie, M., Lu, H., Liu, B., Wu, Z., Wang, T., Zhuang, B., Li, M., and Li, S.: Impacts of urbanization on air quality and the related health risks in a city with complex terrain, *Atmos. Chem. Phys.*, 23, 771–788, <https://doi.org/10.5194/acp-23-771-2023>, 2023.
19. Zhou, H., Liu, T., Sun, B., Tian, Y., Zhou, X., Hao, F., Chun, X., Wan, Z., Liu, P., Wang, J., and Du, D.: Chemical characteristics and sources of PM_{2.5} in Hohhot, a semi-arid city in northern China: insight from the COVID-19 lockdown, *Atmos. Chem. Phys.*, 22, 12153–12166, <https://doi.org/10.5194/acp-22-12153-2022>, 2022.