

FRI-9.2-1-EC-05

ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF FINE PARTICULATE MATTER (PM₁₀ AND PM_{2.5}) AND OTHER MAJOR POLLUTANTS IN THE CITY OF RUSE IN 2024¹⁸

Syuzgyan Ismailova, PHD Student

Department of Heat, Hydraulics and Environmental Engineering

“Angel Kanchev” University of Ruse

Tel: +359 88 970 7234

E-mail: sismailova@uni-ruse.bg

Lyubomir Vladimirov¹⁹, DSc, PhD

Department of Heat, Hydraulic and Environmental Engineering,

“Angel Kanchev” University of Ruse, Bulgaria

Tel.: +359 82 888 481

E-mail: lvvladimirov@uni-ruse.bg

Abstract: This report presents a comprehensive analysis of the air quality in the city of Ruse, Bulgaria, during 2024, based on data from the automatic monitoring station “Vazrazhdane”. The study focuses on the dynamics of the main atmospheric pollutants - particulate matter (PM₁₀ and PM_{2.5}), nitrogen dioxide (NO₂), sulfur dioxide (SO₂), carbon monoxide (CO), ozone (O₃), and benzene (C₆H₆).

The results demonstrate that the concentrations of all monitored pollutants remained below the legally established limit values throughout the year. Exceedances of daily average concentrations were recorded only for PM₁₀ during the winter season, mainly due to unfavorable meteorological conditions and increased domestic heating. A comparative analysis of data for the period 2020–2024 reveals a steady downward trend in both the annual mean concentrations of particulate matter and the number of exceedance days.

The findings indicate a gradual improvement in the overall air quality in Ruse, which can be attributed to local environmental policies, modernization of household heating systems, and stricter control of industrial and transport-related emissions. The study confirms that, despite the persisting challenges during the cold months, the city shows sustainable progress towards achieving cleaner air and compliance with EU air quality standards.

Keywords: air quality, particulate matter, PM₁₀, PM_{2.5}, Ruse, Bulgaria, air pollution, environmental monitoring.

ВЪВЕДЕНИЕ

Настоящият доклад представя резултатите от изследване на качеството на атмосферния въздух в град Русе за 2024 г. базирани на данни от автоматичната измервателна станция (АИС) „Възраждане“. Анализирани са основните замърсители – фини прахови частици (ФПЧ₁₀ и ФПЧ_{2.5}), азотен диоксид (NO₂), серен диоксид (SO₂), въглероден оксид (CO), озон (O₃) и бензен (C₆H₆).

Резултатите показват, че всички измерени показатели се намират под нормативно установените пределно допустими концентрации (ПДК). Превишения на средноденонощните стойности са наблюдавани единствено при ФПЧ₁₀ през зимния сезон. Данните за периода 2020–2024 г. потвърждават устойчива тенденция към подобряване на качеството на атмосферния въздух, изразена чрез понижаване на средногодишните концентрации и намаляване на броя дни с превишения. Методика за провеждане на анализа на атмосферното замърсяване в Русе през 2024 г.

Качеството на атмосферния въздух е ключов фактор, определящ общественото здраве и екологичната устойчивост на населените места. Замърсяването с прахови частици и газообразни вещества е сред основните рискови фактори, водещи до респираторни и сърдечно-съдови заболявания, както и до влошаване на градската среда.

Град Русе се характеризира със специфично географско и индустриално разположение – разположен е в крайдунавска равнина с чести температурни инверсии, които ограничават

¹⁸ Докладът е представен на Научната сесия на Секция „Екология и опазване на околната среда“ на 24 Октомври 2025 г. с оригинално заглавие на български език: АНАЛИЗ НА ДИНАМИКАТА НА ФИНИТЕ ПРАХОВИ ЧАСТИЦИ (ФПЧ₁₀ И ФПЧ_{2.5}) И ДРУГИ ОСНОВНИ ЗАМЪРСИТЕЛИ В ГРАД РУСЕ ПРЕЗ 2024 Г.;

¹⁹ Professor of Administration and Management and Associate Professor of General Engineering

разсейването на замърсителите. Наличието на интензивен автомобилен трафик, битово отопление на твърди горива и промишлена дейност определят града като потенциално чувствителна зона по отношение на качеството на атмосферния въздух.

Настоящият анализ има за цел да оцени текущото състояние на атмосферния въздух в Русе и да проследи динамиката на основните замърсители за периода 2020 – 2024 г.

Основни задачи:

- Да се анализират средноденонощните и средногодишните стойности на основните замърсители;
- Да се сравнят резултатите с нормативно установените пределно допустими концентрации (ПДК);
- Да се идентифицират възможните източници на емисии и факторите, влияещи върху замърсяването;
- Да се направят обобщени изводи тносно състоянието и динамиката на качеството на атмосферния въздух.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Методика на изследването

Изследването е извършено на основата на данни от автоматичната измервателна станция (АИС) „Възраждане“, която е част от националната система за мониторинг на качеството на атмосферния въздух. Използвани са публично достъпни данни на РИОСВ – Русе и Изпълнителната агенция по околна среда (ИАОС) за периода 2020 - 2024 г.

Анализът обхваща основните замърсители, определени в Наредба №12 от 2010 г. за норми за серен диоксид, азотен диоксид, прахови частици (ФПЧ₁₀ и ФПЧ_{2.5}), въглероден оксид, озон и бензен, както и изискванията на Директива 2008/50/ЕО относно качеството на атмосферния въздух.

За всеки замърсител са изчислени средногодишни стойности и е направена оценка за съответствието им с пределно допустимите концентрации (ПДК). Използвани са също данни за броя на дните с превишения при ФПЧ₁₀, тъй като този показател е индикатор за краткотрайни пикови натоварвания на въздуха.

Резултати и анализи

Фини прахови частици (ФПЧ₁₀ и ФПЧ_{2.5})

Средногодишната концентрация на ФПЧ₁₀ за 2024 г. е 31,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, а на ФПЧ_{2.5} – 14,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. И двете стойности са под пределно допустимите концентрации съответно от 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ и 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Броят на дните с превишения на средноденонощната норма от 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ е 26, което представлява значително намаление спрямо 2020 г. (54 дни).

Таблица 1. Концентрации ФПЧ₁₀ и ФПЧ_{2.5}

2024 г. тримесечие	Пункт	Максимална измерена средноденонощна концентрация, $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - ФПЧ ₁₀	Средногодишна концентрация, 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ФПЧ ₁₀	Максимална измерена средноденонощна концентрация, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Средногодишна концентрация, 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ФПЧ _{2.5}
I-во	Русе - Възраждане	71,71	31,10	46,76	14,65
II-ро	Русе - Възраждане	106,48		27,92	
III-то	Русе - Възраждане	69,83		29,19	
IV-то	Русе - Възраждане	108,37		55,80	

Броят на дните с превишения на средноденонощната норма от 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ е 26, което представлява значително намаление спрямо 2020 г. (54 дни).



Фиг. 1. Брой дни с превишения на СДН на ФПЧ₁₀ в пункт „Възраждане“
(Източник: РИОСВ - Русе)

Азотен диоксид (NO₂)

Азотният диоксид (NO₂) е един от основните индикатори за замърсяване на атмосферния въздух в градска среда и се формира предимно при процесите на горене - в транспорта, битовото отопление и промишлените инсталации.

За 2024 г. на пункт АИС „Възраждане“ са отчетени следните стойности на концентрациите на NO₂:

- Максимална средночасова концентрация: 187,22 µg/m³
- Максимална средноденонощна концентрация: 58,22 µg/m³
- Средногодишна концентрация: 17,65 µg/m³ при пределно допустима стойност (ПДК) от 40 µg/m³

През отчетния период не са установени превишения на средночасовата норма (200 µg/m³) и не е достигнат аларменият праг (400 µg/m³), определен за три последователни часа.

Регистрирани са шест превишения на горния оценъчен праг (ГОП) от 140 µg/m³ - три през първото тримесечие и три през последното тримесечие на годината.

Таблица 2. Концентрации NO₂

2024 г. тримесечие	Пункт	Брой превишения на ГОП, 140µg/m ³	Максимална измерена средночасова концентрация, µg/m ³	Средногодишна концентрация, 40 µg/m ³
I-во	Русе - Възраждане	3	187,22	17,65
II-ро	Русе - Възраждане	0	96,38	
III-то	Русе - Възраждане	0	130,55	
IV-то	Русе - Възраждане	3	165,46	

Серен диоксид (SO₂)

Серният диоксид (SO₂) е един от основните атмосферни замърсители, образуван при изгарянето на съдържащи сяра горива – въглища, мазут и дизел.

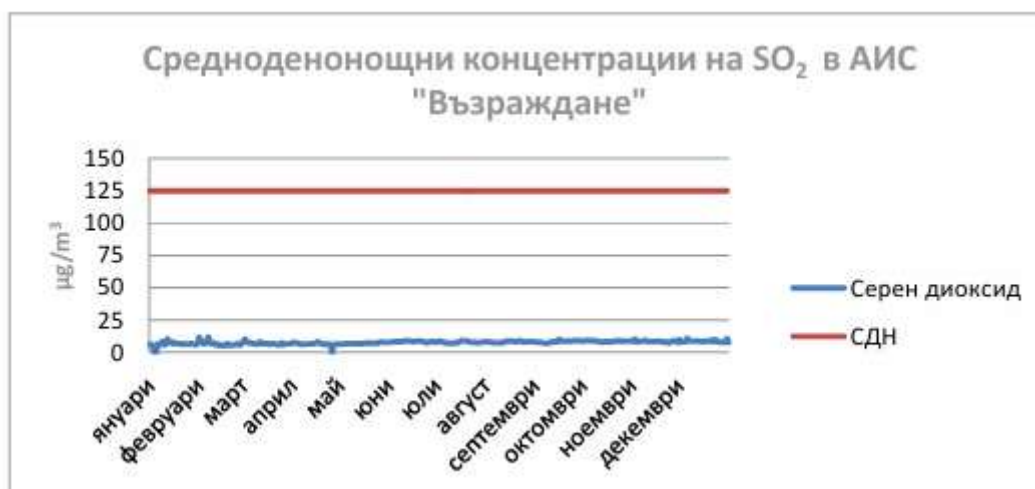
През 2024 г. на пункт АИС „Възраждане“ са регистрирани следните стойности за серен диоксид:

- Максимална средночасова концентрация: 26,45 µg/m³
- Максимална средноденонощна концентрация: 11,76 µg/m³
- Алармен праг (АП): 500 µg/m³ (три последователни часа)
- Пределна стойност за средночасова концентрация (СЧН): 350 µg/m³
- Пределна стойност за средноденонощна концентрация (СДН): 125 µg/m³

През отчетния период не са регистрирани превишения нито на средночасовата, нито на средноденонощната норма за серен диоксид. Най-високите стойности се наблюдават през първото и четвъртото тримесечие, което съвпада с периода на засилено битово отопление и по-честите атмосферни застои.

Таблица 3. Концентрации SO₂

2024 г. тримесечие	Пункт	Брой превишения на ПС за СДН, 125µg/m ³	Брой превишения на ПС за СЧН, 350µg/m ³	Максимална измерена средночасова концентрация, µg/m ³	Максимална измерена средноденонощна концентрация, µg/m ³
I-во	Русе - Възраждане	0	0	26,45	11,76
II-ро	Русе - Възраждане	0	0	11,69	9,02
III-то	Русе - Възраждане	0	0	17,79	10,02
IV-то	Русе - Възраждане	0	0	24,55	10,81



Фиг. 2. Средноденонощните концентрации на SO₂, измерени от АИС „Възраждане“

Въглероден оксид (CO)

Въглеродният оксид (CO) е газообразен замърсител, който се образува при непълно изгаряне на горива, в частност бензин, дизел, дърва и въглища. Основни източници в градска среда са моторните превозни средства, както и битовото отопление с твърди горива през зимните месеци.

През 2024 г. на пункт АИС „Възраждане“ са отчетени следните стойности за въглероден оксид:

- Максимална осемчасова концентрация: 3,76 mg/m³
- Средна максимална осемчасова стойност за денонощието: 0,34 mg/m³ при норма 10 mg/m³
- Брой превишения на осемчасовата норма: 0
- Алармен праг: не е достигнат

Таблица 4. Концентрации CO

2024 г. тримесечие	Пункт	Брой превишения на 8 ч. норма, 10 mg/m ³	Максимална измерена 8 часова концентрация, µg/m ³
I-во	Русе - Възраждане	0	2,25
II-ро	Русе - Възраждане	0	0,53
III-то	Русе - Възраждане	0	0,76
IV-то	Русе - Възраждане	0	3,76

Регистрираните концентрации са значително под пределно допустимата норма от 10 mg/m³. Най-високите стойности са измерени през четвъртото тримесечие, което съвпада със зимния сезон, когато потреблението на твърди горива за отопление нараства.

Озон (O₃)

Озонът (O₃) представлява вторичен атмосферен замърсител, образуван в тропосферата в резултат от фотохимични реакции между азотни оксиди (NO_x) и летливи органични съединения (ЛОС) под въздействието на слънчевата радиация. Неговата концентрация се влияе силно от сезона, интензитета на слънчевото греене и температурните условия.

През 2024 г. на пункт АИС „Възраждане“ са регистрирани следните показатели за озон:

- Максимална измерена средночасова концентрация: 142,83 µg/m³
- Максимална измерена осемчасова средна концентрация: 132,35 µg/m³
- Брой дни с превишение на краткосрочната целева норма (КЦН = 120 µg/m³): 18 дни
- Превишения на праговете за информиране (180 µg/m³) и предупреждение (240 µg/m³): не са регистрирани

Въпреки регистрираните 18 дни с концентрации над 120 µg/m³, краткосрочната целева норма не е нарушена, тъй като лимитът е 25 дни годишно (на база тригодишен период). Данните показват ясно изразена сезонна зависимост, характерна за озона, като най-високи концентрации се регистрират през третото тримесечие (лято) - 17 от общо 18 превишения на КЦН.

Таблица 5. Концентрации O₃

2024 г. тримесечие	Пункт	Максимална измерена средночасова концентрация, µg/m ³	Брой дни с превишение на КЦН, 120 µg/m ³	Максимална измерена 8-часова концентрация, µg/m ³
I-во	Русе - Възраждане	101,48	0	93,73
II-ро	Русе - Възраждане	138,76	1	123,45
III-то	Русе - Възраждане	142,83	17	132,35
IV-то	Русе - Възраждане	97,25	0	80,02

Бензен (C₆H₆)

Бензенът (C₆H₆) е летливо органично съединение (ЛОС). Основните антропогенни източници са свързани с непълното изгаряне на горива, използването на течни горива в транспорта, както и някои химически промишлени процеси. В градска среда транспортният сектор е водещият емисионен фактор.

През 2024 г. на пункт АИС „Възраждане“ са регистрирани следните резултати:

- Максимална измерена едночасова концентрация: 14,10 µg/m³
- Средногодишна концентрация: 1,39 µg/m³ при норма 5 µg/m³

Таблица 6. Концентрации C₆H₆

2024 г. тримесечие	Пункт	Средногодишна концентрация, 5 µg/m ³	Максимална измерена 1 ч. концентрация, µg/m ³
I-во	Русе - Възраждане	1,13	10,30
II-ро	Русе - Възраждане	1,14	13,55
III-то	Русе - Възраждане	1,03	4,84
IV-то	Русе - Възраждане	2,24	14,10

Средногодишната концентрация на C₆H₆ (1,39 µg/m³) е значително под пределно допустимата норма от 5 µg/m³, което свидетелства за нисък фонов риск за населението.

Едночасовата максимална концентрация (14,10 µg/m³) е по-висока от средните стойности, но краткотрайни повишения не се използват като нормативен критерий.

Таблица 7. Нива на основните показатели за качество на атмосферния въздух

Показател за КАВ	SO ₂	NO ₂	ФПЧ ₁₀	ФПЧ _{2,5}	O ₃	CO	C ₆ H ₆
ПДК	125 µg/m ³ Средно-денонощни нива	40 µg/m ³ Средногодишна концентрация	40 µg/m ³ Средногодишна концентрация	20 µg/m ³ Средногодишна концентрация	180 µg/m ³ Праг за информиране на населението	10 mg/m ³ Максимална осемчасова средна стойност в рамките на денонощието	5 µg/m ³ Средногодишна концентрация
Русе - Възраждане	7,67	17,65	31,10	14,65	142,83	0,34	1,39

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите от анализа на проведените изследвания на качеството на атмосферния въздух в АИС - гр. Русе през 2024 г. показват, че стойностите на показателите NO₂, SO₂, O₃, CO и C₆H₆ не превишават нормите за опазване на човешкото здраве.

Данните от автоматичните системи за контрол на състоянието на атмосферния въздух в реално време за гр. Русе показват запазване на тенденцията за подобрене качеството на атмосферния въздух през последните пет години. Трайно ниски остават нивата на следени замърсители - серни и азотни оксиди, въглероден оксид, бензен и озон.

От гледна точка на сезонната динамика, зимните месеци остават критични, тъй като неблагоприятните метеорологични условия (температурни инверсии, слаб вятър и студен въздух) способстват за натрупване на прахови частици и локални превишения.

През летните месеци, благодарение на по-доброто разсейване и по-високата температура, концентрациите се понижават, с изключение на озона, който има характерна фотохимична активност.

REFERENCES

Tomov, V., (2002) "Industrial and Ecological Security", VSU "Chernorizets Hrabar", (**Оригинално заглавие:** Томов В., (2002 г.), „Индустриална и екологична сигурност“, ВСУ „Черноризец Храбър“).

Filipova M., Stoyanov S., (2011) „Environmental Monitoring and Environmental Management“, "Angel Kanchev" University of Ruse (**Оригинално заглавие:** Филипова М., Стоянов С., (2011) „Екологичен мониторинг и управление на околната среда“ РУ „Ангел Кънчев“).

Executive Environment Agency (EEA), 2024. Air Quality in Europe – Annual Report. (**Оригинално заглавие:** Европейска агенция по околна среда (ЕАОС), 2024. Качество на атмосферния въздух в Европа – годишен доклад).

Executive Environment Agency (IAOS), 2020–2024. National System for Air Quality Monitoring. (**Оригинално заглавие:** Изпълнителна агенция по околна среда (ИАОС), 2020–2024. Национална система за мониторинг на качеството на атмосферния въздух).

Regional Inspectorate of Environment and Water – Ruse (RIEW Ruse), 2020–2024. Annual Air Quality Reports. (**Оригинално заглавие:** РИОСВ – Русе, 2020–2024. Годишни доклади за качеството на атмосферния въздух).

Directive 2008/50/EC on Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe. (**Оригинално заглавие:** Директива 2008/50/ЕО относно качеството на атмосферния въздух и по-чист въздух за Европа).

Ordinance №12 on Standards for SO₂, NO₂, PM, Lead, Benzene, CO, and Ozone in Ambient Air. (**Оригинално заглавие:** Наредба №12 за норми за серен диоксид, азотен диоксид, прахови частици, олово, бензен, въглероден оксид и озон в атмосферния въздух (обн., ДВ, бр. 58 от 30.07.2010г., посл. изм. и доп. ДВ, бр. 79 от 8 Октомври 2019 г.).