

## UTJECAJ METEOROLOŠKIH UVJETA NA KONCENTRACIJE POLUTANATA I KVALITET ZRAKA U KAKNJU

### INFLUENCE OF METEOROLOGICAL CONDITIONS ON POLLUTANT CONCENTRATIONS AND AIR QUALITY IN KAKANJ

V. prof. dr. Vehid Birdahić  
V. prof. dr. Muvedet Šišić  
V. prof. dr. Nusret Imamović  
Univerzitet u Zenici, Mašinski fakultet, Zenica

#### REZIME

*U radu su prikazani rezultati istraživanja i analize utjecaja meteoroloških uvjeta (temperatura, zračni pritisak, relativna vlažnost, padavine, brzina vjetra) na koncentracije zagađujućih materija (PM, CO, NOx, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>) u zraku urbanog dijela općine Kakanj, uz procjenu kvaliteta zraka u periodu 2022-2023. godina. Prioritetni cilj jeste utvrditi kako meteorološki uvjeti utječu na koncentracije polutanata, te postoje li specifične sezonske ili dnevne varijacije koje bi mogle pomoći u boljim strategijama upravljanja kvalitetom zraka u budućnosti. Primjenom korelacione statističke analize, proračunom koeficijenta korelacije, utvrđena je povezanost između koncentracija polutanata i meteoroloških uvjeta. Na osnovu izmjerenih koncentracija polutanata, komparativnom analizom i ocjenom prosječnih koncentracija polutanata prema graničnim vrijednostima, procijenjen je utjecaj prizemnih koncentracija polutanata na kvalitet zraka u Kakanju. Istraživanje pokazuje da su određeni meteorološki uvjeti, poput temperature i brzine vjetra, značajno povezani, tj. imaju značajan utjecaj na povećanje koncentracija polutanata. Posebno se uočava da niže temperature i slabiji vjetrovi pogoduju akumulaciji polutanata, dok veća brzina vjetra pomaže u disperziji polutanata. Ovo istraživanje može biti korisno za donošenje mjera za poboljšanje kvaliteta zraka u Kakanju i drugim urbano-industrijskim sredinama, posebno u periodima nepovoljnih meteoroloških uvjeta (jesensko-zimski period), s ciljem smanjenje prekoračenja graničnih vrijednosti te unapređenja ambijentalnog kvaliteta zraka.*

**Gljučne riječi:** meteorološki uvjeti, polutanti, korelaciona analiza, granične vrijednosti.

#### ABSTRACT

*The paper presents the results of research and analysis of the impact of meteorological conditions (temperature, air pressure, relative humidity, precipitation, wind speed) on the concentrations of pollutants (PM, CO, NOx, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>) in the air of the urban part of the Kakanj municipality, with an assessment of air quality in the period 2022-2023. The priority goal is to determine how meteorological conditions affect pollutant concentrations, and whether there are specific seasonal or daily variations that could help in better air quality management strategies in the future. By applying correlation statistical analysis, calculating correlation coefficients, the connection between pollutant concentrations and meteorological conditions was determined. Based on the measured pollutant concentrations, comparative analysis and assessment of average pollutant concentrations against limit values, the impact of ground-level pollutant concentrations on air quality in Kakanj was assessed. The research shows that certain meteorological conditions, such as temperature and wind speed, are significantly related, i.e. have a significant impact on increasing pollutant concentrations. In particular, it is observed that lower temperatures and weaker winds favor the accumulation of pollutants, while higher wind speed helps in*

*the dispersion of pollutants. This research can be useful for adopting measures to improve air quality in Kakanj and other urban-industrial environments, especially in periods of unfavorable meteorological conditions (autumn-winter period), with the aim of reducing the exceedance of limit values and improving ambient air quality.*

**Key words:** meteorological conditions, pollutants, correlation analysis, limit values.

## 1. UVOD

Industrijski gradovi s termoelektranama, rudnicima i cementarama, poput Kaknja, suočavaju se s posebnim izazovima kada je u pitanju kvalitet zraka. Međutim, industrija nije jedini faktor koji doprinosi zagađivanju zraka. Globalno su provedena brojna istraživanja koja ukazuju na snažnu povezanost između meteoroloških uvjeta i kvaliteta zraka. Specifični podaci koji se tiču povezanosti meteoroloških uvjeta i koncentracija zagađujućih materija za područje općine Kakanj su, međutim, rijetki ili nedostupni. Zagađivanje zraka ima značajan utjecaj na okoliš, posebno u kontekstu urbanih i industrijskih područja kao što je općina Kakanj. Jedan od najvažnijih zagađivača su lebdeće čestice PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub>, koje se sastoje od sitnih čestica prašine, prljavštine i čađi. Ove čestice ne samo da uzrokuju zdravstvene probleme kod ljudi, već imaju i ozbiljne posljedice na ekosisteme. Kada lebdeće čestice dospiju u tla i vodene tokove, mogu uzrokovati promjene u hemijskom sastavu tla, što negativno utječe na poljoprivredu i prirodnu vegetaciju. Također, mogu smanjiti fotosintezu kod biljaka zbog blokiranja sunčeve svjetlosti. Sumpor-dioksid (SO<sub>2</sub>), još jedan od ključnih zagađivača, može prouzrokovati zakiseljavanje tla i voda kada se u atmosferi kombinira s vodom, stvarajući tzv. kisele kiše. Kisele kiše oštećuju šume, pogotovo osjetljive vrste drveća, i uzrokuju promjene u sastavu vodenih ekosistema, što može dovesti do smanjenja biološke raznolikosti. Ozon (O<sub>3</sub>), iako koristan u stratosferi gdje formira zaštitni sloj koji blokira UV zračenje, u troposferi predstavlja štetan zagađivač. Ozon na prizemnom nivou šteti biljkama, smanjuje prinose usjeva i utječe na zdravlje šuma. Pored toga, azotovi oksidi (NO<sub>x</sub>) doprinose stvaranju fotohemijskog smoga, koji ima negativne efekte na zdravlje ljudi, ali i na zdravlje biljaka. Smog može oštetiti lišće biljaka i smanjiti njihov rast, čime se narušava cjelokupna ekološka ravnoteža [1].

Ovaj rad, između ostalog, ima za cilj na osnovu provedenog istraživanja i analize utvrditi kvalitet zraka u Kaknju za period 2022-2023. godine, uzimajući u obzir ključne meteorološke parametre kao što su temperatura zraka, zračni pritisak, relativna vlažnost, brzina vjetera i padavine. Dakle, prioritetni cilj jeste ispitati kako meteorološki uvjeti utječu na koncentracije zagađujućih materija, posebno lebdećih čestica PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> i CO, te utvrditi postoje li specifične sezonske ili dnevne varijacije koje bi mogle pomoći u boljim strategijama upravljanja kvalitetom zraka u budućnosti. Također, cilj rada jeste analiza i ocjena utjecaja prizemnih koncentracija zagađujućih materija na kvalitet zraka u Kaknju u periodu 2022-2023. godine usporedbom vrijednosti tih koncentracija sa graničnim vrijednostima. Ovaj rad obuhvata analizu podataka prikupljenih putem zvaničnih mjerenja općine Kakanj i Federalnog hidrometeorološkog zavoda, kao i korelacijsku analizu između meteoroloških uvjeta i koncentracija zagađujućih materija, s ciljem boljeg razumijevanja glavnih faktora koji doprinose zagađivanju zraka u Kaknju.

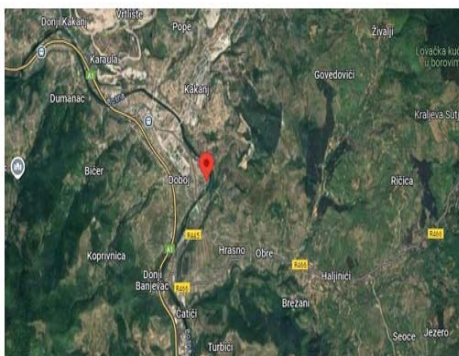
## 2. IZVORI ZAGAĐIVANJA ZRAKA U URBANOM PODRUČJU OPĆINE KAKANJ

U poslijeratnoj Bosni i Hercegovini, Kakanj se ističe kao jedan od najvažnijih industrijskih centara. U gradu i njegovoj okolini nalaze se nekoliko značajnih preduzeća, među kojima se posebno izdvaja Termoelektrana Kakanj, koja je jedna od nekoliko termoelektrana u Bosni i Hercegovini. Također, tu je i Tvornica cementa Kakanj, koja je jedna od samo dvije u zemlji, kao i Rudnik mrkog uglja Kakanj, jedan od najuspješnijih rudnika u Bosni i Hercegovini [2]. Zbog nedostatka sveobuhvatnih informacija, kvalitet zraka u gradovima i regijama zemlje ostaje u velikoj mjeri nepoznat, ali je

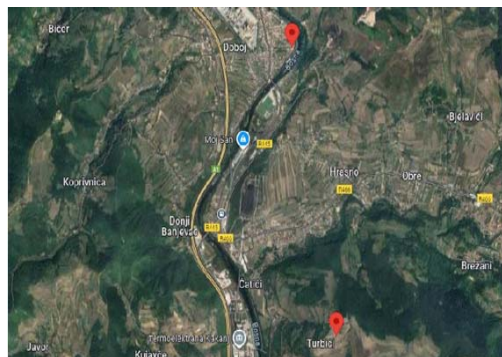
ukupni kvalitet zraka trenutno bolji nego prije rata, zahvaljujući smanjenoj industrijskoj aktivnosti. Ipak, postoji zabrinutost da loš kvalitet zraka i dalje prevladava na lokalnom nivou, posebno u nekoliko gradova. Meteorološki zavod je identifikovao najmanje devet žarišta zagađivanja, među kojima je i područje Kaknja, koje utiče na 1,3 miliona stanovnika, što predstavlja oko jednu trećinu ukupnog broja stanovnika BiH [3]. Povoljan geografski položaj Kaknja (dolina Bosne, autoput, blizina Sarajeva i Zenice), energetski potencijali (ugalj i geotermalni izvori), industrijska postrojenja (termoelektrana i cementara) te razvijen privatni sektor čine ovu općinu veoma važnom u neizvjesnoj energetskoj budućnosti. Najveći je proizvođač uglja u Bosni i Hercegovini. Međutim, Kakanj se često nalazi u centru pažnje zbog ozbiljnog zagađivanja koje uzrokuje Termoelektrana Kakanj. U izvještaju Bankwatcha, mreže ekoloških organizacija iz srednje, istočne i jugoistočne Europe, navodi se da je Kakanj u BiH bio najveći prekršilac sa prekoračenjem maksimalnih vrijednosti za SO<sub>2</sub> za pojedinačno postrojenje u 2020. godini, emitujući skoro 15 puta više od dozvoljenih vrijednosti. [4].

## 2.1. Mreža mjernih stanica za praćenje kvaliteta zraka

Općina Kakanj ima u posjedu jednu mobilnu stanicu za praćenje kvaliteta zraka koja se nalazi u naselju Doboju, ispred Vatrogasnog doma (Slika 1). Ova stanica ima zadatak da mjeri kvalitet zraka, omogućavajući automatsko praćenje koncentracija CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>, kao i količine lebdećih čestica. Na Slici 1. je prikazana mobilna stanica u Kaknju.



Slika 1. Lokacija mobilne stanice za praćenje kvaliteta zraka u Doboju [5]



Slika 2. Lokacije meteoroloških stanica u općini Kakanj [5]

Meteorološke stanice čine važan dio ekološkog monitoring sistema i uključuju dvije stanice: jednu pored imisione stanice u Kaknju i drugu na brdu Turbići, blizu Termoelektrane Kakanj (Slika 2). Ove stanice prate smjer i brzinu vjeta, temperaturu, vlažnost, barometarski pritisak, sunčevu radijaciju i količinu padavina, što su ključni ulazni podaci za analizu disperzije polutanata. Izmjereni podaci sa meteorološke stanice na Turbićima se šalju do data logger-a, a zatim direktno na računarski sistem u Termoelektrani Kakanj putem modemskih pojačivača. Sličan proces prikupljanja i prenosa podataka koristi se i na meteorološkoj stanici u Kaknju, gdje se podaci šalju u paketu zajedno s podacima imisione stanice.

## 3. UTJECAJ METEOROLOŠKIH UVJETA NA PRIZEMNE KONCENTRACIJE POLUTANATA U ZRAKU

Kvalitet zraka ne zavisi samo od emisije zagađujućih materija iz različitih izvora kao što su industrija, transport i slično, već i od meteoroloških uvjeta koji kontroliraju raspršivanje polutanata ili, s druge strane, njihovo nakupljanje. Vrijeme igra ključnu ulogu u formiranju i širenju zagađivanja zraka, a isto tako polutanti zraka mogu utjecati na vremenske uvjete (npr.

poticanjem formiranja oblaka). Svi osnovni meteorološki parametri kao što su vjetar, temperatura, pritisak, sunčeva svjetlost, vlažnost i padavine imaju utjecaj na kvalitet zraka [6].

### 3.1. Izmjereni podaci o meteorološkim parametrima na području općine Kakanj

Podaci o meteorološkim uvjetima za Kakanj su prikupljeni od Federalnog hidrometeorološkog zavoda Bosne i Hercegovine. Uključuju podatke o temperaturi (°C), relativnoj vlažnosti (%), padavinama ( $l/m^2$ ), zračnom pritisku (hPa) i brzini vjetra (m/s). Podaci su prikupljeni za svaki dan u periodu od 1. januara 2022. do 31. decembra 2023. godine, pri čemu su mjerenja vršena više puta dnevno, u razmacima od 10 minuta. U Tabeli 1. prikazane su srednje vrijednosti izmjerenih meteoroloških parametara za svaki mjesec tokom 2022. i 2023. godine, gdje je evidentno značajno povećanje temperature tokom ljetnih mjeseci u obje godine, a 2023. je nešto toplija od 2022. godine, pogotovo u periodu od juna do septembra. Vlažnost zraka varira, a padavine su relativno konstantne između godina, s tim da su u augustu 2023. značajno smanjene. Prosječna brzina vjetra je nešto veća u 2023. g.

Tabela 1. Prosječne mjesečne vrijednosti meteoroloških parametara u 2022-2023. godine [7]

Mjesec	TEMPERATURA (°C)		RELATIVNA VLAŽNOST (%)		PADAVINE ( $l/m^2$ )		ZRAČNI PRITISAK (hPa)		BRZINA VJETRA (m/s)	
	2022.	2023.	2022.	2023.	2022.	2023.	2022.	2023.	2022.	2023.
Januar	-0,40	3,10	88,20	96,32	0,01	0,02	969,02	963,70	1,56	1,73
Februar	4,76	2,97	81,97	84,59	0,00	0,01	965,93	971,35	1,84	1,71
Mart	4,04	7,64	64,64	77,51	0,00	0,01	970,07	960,76	1,86	1,79
April	10,23	9,65	72,91	78,80	0,01	0,01	959,99	960,16	1,99	1,99
Maj	18,76	15,89	80,78	87,60	0,02	0,03	964,88	962,88	1,44	1,68
Juni	21,28	18,26	78,01	87,67	0,01	0,03	963,04	963,15	1,54	1,50
Juli	21,61	22,58	71,28	79,52	0,01	0,01	965,58	963,20	1,75	1,47
August	20,36	20,91	82,40	81,69	0,02	0,01	962,54	962,61	1,54	1,38
Septembar	15,04	18,48	88,01	81,86	0,02	0,02	962,00	966,37	1,47	1,44
Oktobar	12,63	14,37	87,36	84,59	0,00	0,01	970,14	964,24	0,95	1,47
Novembar	7,25	6,66	94,82	90,73	0,02	0,03	963,52	958,26	1,31	1,64
Decembar	4,89	3,99	96,09	92,41	0,02	0,01	964,39	964,28	1,14	1,37

### 3.2. Izmjereni podaci o koncentracijama polutanata na području općine Kakanj

Podaci koji se tiču kvaliteta zraka u Kakanju su prikupljeni za isti period, u saradnji sa Službom za privredu, urbanizam i zaštitu okoline općine Kakanj. Ovi podaci uključuju koncentracije  $PM_{10}$ , CO, NO,  $NO_2$ ,  $NO_x$ ,  $O_3$  i  $SO_2$ . Podaci su mjereni svakodnevno u razmacima od sat vremena.

U Tabeli 2. su prikazane srednje vrijednosti izmjerenih prizemnih koncentracija polutanata tokom 2022. i 2023. godine za svaki mjesec, gdje je evidentno da su tokom zimskih mjeseci (januar, februar, decembar) koncentracije  $PM_{10}$  i CO povećane, što je očekivano zbog povećanog korištenja fosilnih goriva u svrhu grijanja. Ljetni mjeseci pokazuju pad koncentracija polutanata, posebno u junu i julu. Međutim, koncentracija ozona ( $O_3$ ) raste tokom toplijih mjeseci, što je tipična pojava usljed fotohemijskih reakcija na višim temperaturama.

Tabela 2. Prosječne mjesečne vrijednosti koncentracija polutanata u 2022. i 2023. godini [8]

Mjesec	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		CO ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )		NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		NO <sub>x</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	
	2022.	2023.	2022.	2023.	2022.	2023.	2022.	2023.	2022.	2023.	2022.	2023.	2022.	2023.
Januar	64,17	51,84	1,05	0,55	14,34	21,99	26,81	17,47	43,36	45,36	56,11	45,71	133,79	105,37
Februar	46,89	54,82	0,64	0,45	15,43	12,21	21,12	17,03	39,48	31,72	64,14	37,87	74,60	102,49
Mart	49,57	38,80	0,30	0,39	5,14	8,89	20,54	12,04	24,85	22,55	57,86	56,69	39,99	75,28
April	25,91	23,72	0,35	0,27	5,58	4,60	14,31	6,60	20,14	12,00	59,56	63,75	35,14	76,02
Maj	15,19	23,16	0,14	0,21	5,03	5,66	10,84	11,84	16,31	17,93	48,37	54,86	32,74	37,63
Juni	7,26	23,04	0,13	0,18	5,02	5,86	8,89	14,51	14,61	20,71	65,21	56,70	42,84	60,93
Juli	16,35	31,53	0,11	0,17	5,22	5,98	9,27	14,37	16,65	20,92	68,04	62,90	53,07	75,37
August	11,61	31,20	0,13	0,20	8,20	10,45	16,75	16,15	25,66	28,57	53,09	69,12	57,47	39,64
Septembar	15,03	26,67	0,18	0,21	9,88	10,20	17,67	14,43	29,25	26,71	31,43	58,31	70,41	40,39
Oktoabar	40,34	31,55	0,34	0,29	33,21	10,41	39,81	14,60	80,64	27,13	41,99	44,17	88,36	30,34
Novembar	46,72	33,43	0,46	0,41	21,36	14,30	21,49	18,56	48,00	35,97	30,36	39,77	90,18	27,34
Decembar	57,50	62,46	0,55	0,64	21,90	25,88	17,91	22,99	45,65	54,59	28,78	32,19	91,34	55,12

#### 4. ANALIZA REZULTATA ISTRAŽIVANJA

Nakon prikupljena navedenih podataka, izvršena je statistička obrada podataka primjenom korelacije analize. U Tabeli 3. su prikazani izračunati koeficijenti korelacije zavisnosti meteoroloških parametara (temperatura, relativna vlažnost, padavine, zračnom pritisku i brzini vjetera) i koncentracija polutanata (PM<sub>10</sub>, CO, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>). Mogu se uočiti pozitivni koeficijenti korelacija (rastom jedne varijable raste i druga), negativni (rastom jedne varijable druga opada), te koeficijenti blizu 1 (jaka povezanost) i blizu 0 (slaba povezanost). Tako npr. negativna korelacija između SO<sub>2</sub> i temperature (-0,30) ukazuje na veću koncentraciju SO<sub>2</sub> pri nižim temperaturama, što je povezano s korištenjem uglja i drugih fosilnih goriva u zimskom periodu, itd. Za izračunavanje koeficijenata korelacije korištena je funkcija CORREL u Excelu, uzimajući po dva parametra iz zajedničke tabele za korelaciju analizu. Grafikoni su izrađeni koristeći Pivot Table i Pivot Chart na temelju te iste tabele, birajući parametre čiji se odnos želi vizualno prikazati.

Tabela 3. Koeficijenti korelacije između meteoroloških parametara i koncentracija polutanata

	PM10	CO	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>
Temperatura	-0,48	-0,61	-0,25	-0,25	-0,27	0,29	-0,30
Relativna vlažnost	0,21	0,37	0,32	0,16	0,28	-0,51	0,14
Padavine	-0,12	-0,10	-0,11	-0,09	-0,12	0,05	-0,15
Zračni pritisak	0,24	0,23	0,22	0,24	0,25	-0,18	0,25
Brzina vjetera	-0,36	-0,33	-0,36	-0,38	-0,41	0,58	-0,35

#### 5. ANALIZA UTJECAJA KONCENTRACIJA POLUTANATA NA KVALITET ZRAKA U OPĆINI KAKANJ

Komparativna analiza izmjerenih vrijednosti polutanata s graničnim vrijednostima je izvršena na osnovu podataka u tabelarnoj formi, u kojima se porede prosječne koncentracije polutanata u toku 2022. i 2023.g. sa graničnim vrijednostima koje su propisane Pravilnikom o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka (Sl. Novine FBiH broj 1/12, 50/19, 3/21), te broj dana u kojima je prekoračena granična vrijednost. Prema ovoj analizi utvrđeno je sljedeće:  
 - prosječna koncentracija SO<sub>2</sub> u 2022. godini iznosila je 67,522  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a 2023. 60,251  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,

- što prelazi graničnu vrijednost od 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,
- prosječna koncentracija lebdećih čestica  $\text{PM}_{10}$  u 2022. godini iznosila je 33,034  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a 2023.g. je 35,965  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , što ne prelazi, ali se približava graničnoj vrijednosti od 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,
- prosječna koncentracija CO u 2022. godini iznosila je 0,363  $\text{mg}/\text{m}^3$ , a 2023.g. je 0,330  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , što je znatno ispod granične vrijednosti od 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- prosječna koncentracija  $\text{NO}_2$  u 2022. godini iznosila je 18,799  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , a 2023.g. je 15,049  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , što ne prelazi graničnu vrijednost od 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 5. ZAKLJUČAK

Prema rezultatima istraživanja, statističkoj i komparativnoj analizi utvrđeno je sljedeće:

- Povećanju koncentracije  $\text{SO}_2$  u prizemnom sloju zraka doprinosi visoka vlažnost i visok pritisak, a smanjenju visoke temperature, padavine i veće brzina vjetra,
- Povećanju koncentracije lebdećih čestica  $\text{PM}_{10}$  u prizemnom sloju zraka doprinose viša relativna vlažnost i viši zračni pritisak, dok više temperature, veće količine padavina kao i veća brzina vjetra smanjuju koncentracije ovih čestica,
- Povećanju koncentracije CO u prizemnom sloju zraka mogu doprinijeti viša relativna vlažnost i povišen zračni pritisak, dok smanjenju koncentracije CO najviše doprinose više temperature, zatim padavine i veća brzina vjetra,
- Povećanju koncentracije NO,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  u prizemnom sloju zraka doprinosi visoka relativna vlažnost i visok zračni pritisak, a smanjenju visoke temperature, padavine i povećana brzina vjetra,
- Povećanju koncentracije  $\text{O}_3$  u prizemnom sloju zraka doprinose visoke temperature, visok pritisak i velika brzina vjetra, a smanjenju visoka relativna vlažnost i padavine.
- Prema izmjerenim koncentracijama polutanata i izvršenim komparativnim analizama, gdje je utvrđeno prekoračenje graničnih vrijednosti za  $\text{SO}_2$  za 2022. i 2023. godinu i blago prekoračenje za  $\text{NO}_2$ , može se zaključiti da je ambijentalni kvalitet zraka u Kaknju po pitanju prizemnih koncentracija  $\text{SO}_2$  nezadovoljavajući, te je u tom pravcu neophodno poduzimanje pravovremenih i efikasnih mjera u prvom planu na smanjenju produkcije ovog polutanta, a zatim donošenje seta drugih mjera za unapređenje kvaliteta zraka u Kaknju.
- Ovo istraživanje pruža uvid u složene odnose između lokalnih meteoroloških uvjeta i koncentracija zagađujućih tvari, doprinoseći razumijevanju kako sezonske varijacije i vremenske prilike utiču na kvalitet zraka u urbano-industrijskim sredinama poput Kaknja. Rezultati sugeriraju da strategije za poboljšanje kvaliteta zraka moraju uzeti u obzir ne samo emisije polutanata, već i dinamiku lokalnih meteoroloških uvjeta.

## 6. LITERATURA

- [1] Borić, I.: Onečišćenje zraka, vode i tla. Dostupno na: <https://sites.google.com/view/stanovnistvo/> [Pristupljeno: 04. oktobar 2024].
- [2] Općina Kakanj, <https://kakanj.gov.ba/v5/prirodni-resursi/>. [Pristupljeno: 19. septembar 2024].
- [3] Eko Online: Nema okolišanja, Cementara Kakanj, <https://eko.ba/hotspots/131-cementara-kakanj>. [Pristupljeno: 20. septembar 2024].
- [4] Dinarević, H., Beširević, A.: Naratorium, 20. maj 2022. <https://naratorium.ba/ekologija/reportaza-iz-kaknja-ugalj-je-ponovo-u-modi/>. [Pristupljeno: 20. septembar 2024].
- [5] Google Maps, Lokacija Kakanj, <https://www.google.com/maps/>
- [6] Meersens, Impact of Weather on Air Quality, <https://meersens.com/mpact-of-weather-on-air-quality/?lang=en>. [Pristupljeno: 20. septembar 2024].
- [7] Federalni hidrometeorološki zavod. Podaci o kvaliteti zraka za općinu Kakanj u periodu 2022-2023. Sarajevo: FHMZ, 2024.
- [8] Služba za privredu, urbanizam i zaštitu okoline općine Kakanj. Podaci o kvaliteti zraka i meteorološkim uvjetima za općinu Kakanj u periodu 2022-2023. Kakanj: Općina Kakanj, 2024.