

**Stručna analiza i tumačenje
meteoroloških podataka i kvalitete
zraka, primjena modela za određivanje
izvora onečišćenja i visokih
koncentracija Grada Slavonskog Broda.**



Sažetak

Naručitelj	Grad Slavonski Brod Upravni odjel za graditeljstvo, prostorno uređenje i zaštitu okoliša
Izrađivač	Vukovarska 1, Slavonski Brod Amego za zaštitu okoliša d.o.o., Vinogorska 59a, Zagreb
Dokument	Stručna analiza i tumačenje meteoroloških podataka i kvalitete zraka, primjena modela za određivanje izvora onečišćenja i visokih koncentracija Grada Slavanskog Broda. Sažetak
Narudžbenica	329-10-117/25
Direktor	dr. sc. Goran Gašparac, mag. phys. - geophys.



Sadržaj

Postojeće stanje kvalitete zraka	1
Zdravstveni aspekti i izvori glavnih onečišćujućih tvari	1
Znanstvena i stručna podloga	2
Projekcije EMEP-a	2
CAMS reanaliza	2
Pozadinsko onečišćenje	2
Analiza i tumačenje meteoroloških podataka i kvalitete zraka.....	3
Usporedba meteoroloških mjerenja i mikroklimatske razlike	4
Satna, dnevna i tjedna dinamika onečišćujućih tvari na postaji SLB	4
Odnosi između mjerenih vrijednosti SLB, SB1 i SB2 postaja.....	5
Odnosi koncentracija onečišćujućih tvari i meteoroloških uvjeta	5
Prekogranični transport i sinoptički utjecaji	6
Receptorsko modeliranje i smjerovi doprinosa	6
Zaključak	8



Postojeće stanje kvalitete zraka

Analiza postojećeg stanja kvalitete zraka u Slavonskom Brodu provedena je uzimajući u obzir relevantnu stručnu i znanstvenu literaturu objavljenu u posljednjih nekoliko godina, s ciljem povećanja razumijevanja kompleksnih procesa atmosferskog graničnog sloja, međudjelovanja s emisijama te stvaranja podloge za daljnje kvantitativne analize mjerenja s postaja kvalitete zraka.

Razina onečišćenja ne ovisi samo o količini emisija već i o prevladavajućim meteorološkim uvjetima unutar sloja atmosfere, poput horizontalnog i vertikalnog polja vjeta, temperature i tlaka zraka, vlažnosti, statičke stabilnosti, postojanju lokalnih termalnih cirkulacija i dr. Sprega ta dva efekta, količina emisija i meteorološke karakteristike na mikro i mezoskali te njihova međusobna interakcija definira kvalitetu zraka.

Prema Registru onečišćavanja okoliša (ROO), u 2023. godini na području Slavonskog Broda evidentirano je sedam obveznika koji su prijavljivali emisije CO, CO₂, SO₂, NO₂ i PM₁₀. Ti podaci omogućuju uvid u najveće onečišćivače pojedinih tvari, ali je nužno naglasiti da ROO pokriva samo obveznike, a izuzet je čitav niz manjih izvora koji kumulativno značajno doprinose onečišćenju zraka, ali nisu obveznici prijave, npr. kućna ložišta, manji industrijski pogoni, promet, građevinski strojevi, poljoprivredne aktivnosti, spaljivanje otpada na otvorenom, emisije merkaptana i drugih hlapivih spojeva. Stoga brojke iz ROO-a treba koristiti isključivo kao informaciju o dominantnim prijavljenim izvorima, a ne o ukupnim emisijama u stvarnim uvjetima. U 2023. najveći prijavljeni onečišćivač CO bio je sektor toplinarstva (Brod-plin), dok je SO₂ i NO₂ u najvećoj mjeri prijavila tvrtka Slavonija OIE.

Zdravstveni aspekti i izvori glavnih onečišćujućih tvari

Sažete informacije:

- PM₁₀ i PM_{2.5} – nastaju u najvećoj mjeri iz kućnih ložišta, prometa i industrijskih procesa. PM_{2.5} ostaje u atmosferi 4–6 dana i prenosi se do 3000 km. Zdravstveni učinci uključuju povećani rizik od kardiovaskularnih bolesti, astme i karcinoma pluća.
- NO₂ – dominantno potječe iz prometa i visokotemperaturnog izgaranja. Uzrokuje iritacije dišnih puteva, povećava rizik respiratornih infekcija i pogoršava astmu.
- SO₂ – najvećim dijelom vezan je uz industriju i izgaranje sumpornih goriva; uzrokuje iritacije, astmu i doprinosi kiselim kišama.
- H₂S – nastaje u industriji i uređajima za pročišćavanje otpadnih voda. U visokim koncentracijama uzrokuje snažne neurotoksične učinke; u niskima iritacije i glavobolje.
- CO – dolazi iz nepotpunog izgaranja, posebice iz kućnih ložišta i emisija motora. Veže se za hemoglobin i smanjuje kapacitet prijenosa kisika.
- BaP (benzo(a)piren) – produkt izgaranja biomase i fosilnih goriva, iznimno kancerogen spoj (PAH skupina).
- NMVOC – produkt prometa, otapala, industrije i ložišta; sudjeluju u stvaranju prizemnog ozona.
- Teški metali (Pb, Ni, Zn, Cd) – potječu iz industrije, ložišta i prometa; djeluju neurotoksično i kancerogeno.



Znanstvena i stručna podloga

Prvo opsežnije istraživanje doprinosa onečišćujućim tvarima u zraku za područje Slavonskog Broda provedeno je kroz Jeričević i sur. (2019.). Korištenjem različitih metoda (PMF receptorski model i CBPF analiza kemijskog sastava $PM_{2.5}$), identificirano je pet glavnih izvora $PM_{2.5}$: spaljivanje biomase, industrija/rafinerija, promet, prirodni izvori i izdvojeni izvor vanadija. Rafinerija je bila dominantan izvor SO_2 i H_2S , a prometni sektor dominantan izvor NO_2 . U uvjetima jugozapadnog vjetrova ($\sim 7\text{--}8$ m/s) postoji ~ 70 % vjerojatnost transporta $PM_{2.5}$ iz smjera rafinerije, a u uvjetima slabog vjetrova (i statički stabilnih uvjeta) prevladavaju lokalni izvori (npr. biomasa). Kemijski sastav $PM_{2.5}$ potvrđuje značajan doprinos organskom ugljiku i sekundarnom aerosolu, tipičnom za urbana područja. Recentnije istraživanje Maslač Mikulec i sur. (2025.) prvo je koje daje sveobuhvatan uvid u raspodjelu metala i nemetala primjenom bioindikatora lišajeva. Na udaljenosti 2 km oko rafinerije utvrđena je lišajna pustinja što pokazuje jasan odraz dugotrajnog pritiska industrijskih emisija. Lišajevi akumuliraju metale i nemetale, pri čemu:

- nativni lišajevi bilježe više metala (Ni, Zn, Pb, Cd),
- transplantirani su osjetljiviji na N i S.

U gradu su evidentirani dodatni izvori: promet, kućna ložišta, farma purana, industrija u Lužanima i Orlovcu. Ustanovljene su jasne veze između smjera vjetrova i prostornog profila akumuliranih tvari.

Projekcije EMEP-a

EMEP (Europski program za praćenje i procjenu emisija) projekcije emisija za razdoblje 2015.–2022. pokazuju složene promjene:

- Smanjenje emisija NO_x , NMVOC, CO i BC, zahvaljujući energetske obnovama, tehnološkim unapređenjima i smanjenju industrijskih aktivnosti.
- Relativna stabilnost PM_{10} , $PM_{2.5}$ i BaP, uz blagi pad udjela malih ložišta.
- Porast ukupnih emisija SO_x , s povećanim udjelom javnih energana.
- NH_3 stabilno visok zbog poljoprivrede (88 % udjela).

Ove promjene ukazuju da sektorske politike imaju različitu učinkovitost: promet i industrija pokazuju poboljšanja, dok su kućna ložišta i poljoprivreda i dalje najveći izazovi.

CAMS reanaliza

CAMS reanaliza za 2022. i 2024. jasno potvrđuje:

- Sezonalnost i prevladavanje povišenih koncentracija PM, SO_2 i NO_2 zimi,
- Regionalno pozadinsko onečišćenje ($\sim 40\text{--}60$ % ukupnog onečišćenja) ljeti te homogenu raspodjelu bez jakih lokalnih maksimuma.

Južni dio vertikalnog profila pokazuje povišene vrijednosti koncentracija $PM_{2.5}$, PM_{10} i SO_2 , što je u skladu s poznatim industrijskim izvorima u zapadnoj Bosni i Hercegovini. Time CAMS reanaliza potvrđuje prekogranične doprinose, osobito u zimskim mjesecima.

Pozadinsko onečišćenje

Usporedba mjerenja s postaja kvalitete zraka Slavonskog Broda i Kopačkog rita u 2024. godini pokazuje:



- Jasan lokalni doprinos u zimskim mjesecima – koncentracije PM_{10} i $PM_{2.5}$ su 150 – 250% veći nego u Kopačkom ritu,
- Niže koncentracije O_3 uslijed titracije ozona NO emisijama.

Ove informacije treba uzeti s dozom opreza uslijed lokalnih pritisaka na razine onečišćujućih tvari, prvenstveno PM u blizini postaje Kopački rit.

Analiza i tumačenje meteoroloških podataka i kvalitete zraka

Analiza kvalitete zraka na području Slavonskog Broda provedena je s ciljem kvantitativne interpretacije mjerenja pokretne postaje (SLB) tijekom razdoblja od 22. siječnja do 5. veljače 2025. godine. Interpretacija zahtijeva širi kontekst koji uključuje analizu mjerenja s postaja kvalitete zraka Slavonski Brod 1 (SB1) i Slavonski Brod 2 (SB2) te državne meteorološke postaje Slavonski Brod (SBM), identifikaciju odnosa mjerenih vrijednosti te eventualnih obrazaca s ciljem povećanja razumijevanja kompleksnosti problema kvalitete zraka Slavonskog Broda. Dodatno je provedeno receptorsko modeliranje metodom CBPF (*engl. Conditional bivariate probability function*) te analiza trajektorija čestica (HYSPLIT model) kako bi se utvrdili potencijalni doprinosi pojedinih sektora i mogući prekogranični transport.

Na području Slavonskog Broda mala je međusobna udaljenost mjernih mjesta: SBM i SB1 nalaze se gotovo na istoj mikrolokaciji, dok su SB2 i SLB postavljeni na udaljenostima od 2.486 m i 1.712 m (Slika 1). Unatoč manjim udaljenostima, meteorološki uvjeti, urbani reljef i zaklonjenost pojedinih postaja mogu utjecati na rezultate mjerenja, posebno pri uvjetima slabog vjetera i stabilne atmosfere. To je razlog zbog kojeg se analiza nije mogla ograničiti na pokretnu postaju, već je zahtijevala usporedbu s referentnim mjestima i detaljnu analizu međusobnih odnosa.



Slika 1. Prostorna raspodjela lokacija mjernih postaja parametara kvalitete zraka (SB1, SB2, SLB) i državne meteorološke postaje (SBM) na području Grada Slavonskog Broda.

Prvi dio analiziranog razdoblja obilježen je uobičajenim zimskim uvjetima, prisutnošću magle, nižim temperaturama zraka, visokom relativnom vlagom i vrlo slabim vjetrom, uz česta razdoblja temperaturne inverzije. Ovakvi uvjeti karakteristični su za akumulaciju onečišćujućih tvari u prizemnom sloju atmosfere. Drugi dio razdoblja obilježen je višim temperaturama (do 18 °C) s jačim



južnim i jugozapadnim vjetrom, te posljedično boljim provjetravanjem i smanjenim koncentracijama većine primarnih onečišćivača. Ova razlika u meteorološkim režimima bila je ključna za interpretaciju svih rezultata i potvrđuje koliko je kontekst atmosferske stabilnosti vrlo važan prilikom tumačenja koncentracija onečišćujućih tvari u zraku.

Usporedba meteoroloških mjerenja i mikroklimatske razlike

Unatoč malim udaljenostima, analiza je pokazala postojanje jasnih mikroklimatskih razlika između postaja SLB i SBM. Meteorološka postaja SBM nalazi se na standardiziranoj, otvorenoj lokaciji u skladu s WMO smjernicama, dok je SLB smještena u zaklonjenijem urbanom prostoru, okružena objektima, vegetacijom i drugim barijerama za horizontalno strujanje zraka. Rezultati analize brzine i smjera vjetra potvrđuju upravo taj utjecaj. Izračunati koeficijent korelacije brzine vjetra između SLB i SBM je razmjerno visok 0.73, pri čemu SLB sustavno bilježi manje brzine vjetra, uz negativnu pristranost od -0.49 m/s. Osim smanjenih brzina, SLB bilježi i povećanu varijabilnost u smjeru vjetra, posebno pri brzinama manjim od 0.5 m/s, kada lokalni oblici turbulencije i kanaliziranja imaju dominantan utjecaj. Ove razlike imaju direktan utjecaj na koncentracije onečišćujućih tvari: u uvjetima stagnacije dolazi do akumulacije, dok u uvjetima jačeg vjetra onečišćujuće tvari imaju veću vjerojatnost disperzije. Uz brzinu vjetra, evidentna je i razlika u smjeru vjetra, na postaji SLB gotovo izostaje vjetar iz dominantnih smjerova SBM postaje. Za temperaturu, relativnu vlagu i tlak također su izračunate određene razlike između SLB i SBM postaje, iako znatno manje izražene od parametara vjetra. Te su razlike prvenstveno rezultat mikroklimatskih čimbenika, okolišnih utjecaja te različite ekspozicije postaja. Analiza ovih parametara bila je ključna jer meteorološki uvjeti određuju kemijske i fizikalne procese u atmosferi, uključujući brzinu ukapljivanja aerosola, razinu turbulencije te fotokemijske reakcije.

Satna, dnevna i tjedna dinamika onečišćujućih tvari na postaji SLB

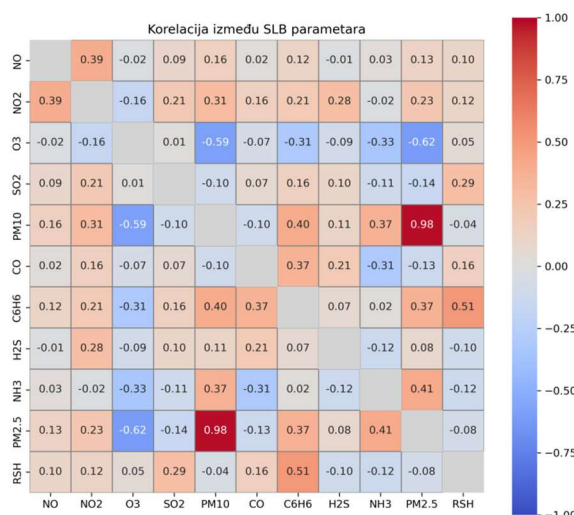
Mjerenja koncentracija onečišćujućih tvari na pokretnoj postaji SLB pokazala su izrazitu dinamiku tijekom promatranog razdoblja. Dušikovi spojevi (NO i NO₂) pokazali su tipičan dvostruki dnevni maksimum, u jutarnjim i večernjim satima, što je u skladu s intenzitetom cestovnog prometa. Takav obrazac ukazuje da je promet jedan od dominantnih izvora ovih spojeva, a smanjena noćna vrijednost rezultat je i manjeg prometa i stabilnih atmosferskih uvjeta koji smanjuju emisiju, ali povećavaju razinu akumulacije, osobito NO₂ kao sekundarnog produkta. Sumporov dioksid (SO₂) ostao je u vrlo niskim razinama te nije dosegao granične vrijednosti tijekom cijelog razdoblja, iako su povremeni jutarnji kratkotrajni porasti ukazivali na lokalne stacionarne izvore, vjerojatno industrijskog podrijetla. H₂S je pokazao najveću satnu varijabilnost, ali bez dostizanja propisanih graničnih pragova. Benzen (C₆H₆) je bilježio povremene skokove u koncentracijama, što je očekivano u urbanim sredinama s kombinacijom prometa i industrijskih aktivnosti. Lebdeće čestice PM₁₀ i PM_{2.5} pokazale su najznačajnije epizode povišenih vrijednosti, osobito 22. i 23. siječnja, kada su stabilni atmosferski uvjeti, niske temperature i visoka vlaga pogodovali akumulaciji onečišćenja. Takve epizode tipične su za zimski dio godine, posebno u dolinama koje ograničavaju vertikalnu izmjenu zraka. PM_{2.5} je bio u vrlo visokoj korelaciji s PM₁₀, što ukazuje na zajedničke izvore. Ozon se očekivano ponašao suprotno od većine primarnih emisija. Koncentracije su rasle u dijelu razdoblja s više sunčevog zračenja i boljim provjetravanjem, dok su u danima jake inverzije i slabog vjetra bile niske zbog intenzivne titracije ozona NO-om, što je tipična pojava u urbanim sredinama zimi. Amonijak (NH₃) i merkaptani (RSH) su pokazali kompleksniji obrazac bez jasnog dnevnog ciklusa, što ukazuje na kontinuirane izvore, uključujući sustave odvodnje i industrijske procese.



Analiza tjednih obrazaca potvrdila je očekivane trendove za prometne i industrijske spojeve poput NO, NO₂ i C₆H₆, gdje su radni dani pokazali više koncentracije u odnosu na vikend. Česti porasti ponedjeljkom i petkom proizlaze iz povećane aktivnosti u urbanom sustavu. Za PM₁₀ i PM_{2.5} tjedni obrazac bio je blaže izražen, no ipak su radni dani imali više vrijednosti od vikenda, što upućuje na kombinirani utjecaj grijanja i prometa. Tvari kao što su RSH, NH₃ i CO nisu pokazale jasno izraženu tjednu sezonalnost, što ukazuje na potencijalno kontinuirane izvore emisija.

Odnosi između mjerenih vrijednosti SLB, SB1 i SB2 postaja

Usporedba koncentracija s postajama SB1 i SB2 pokazala je visoku konzistentnost lebdećih čestica između sve tri postaje, što ukazuje na široko rasprostranjene izvore i jedinstvenu disperziju u urbanom području. Korelacijska analiza potvrdila je snažnu međusobnu povezanost PM₁₀ i PM_{2.5} između svih lokacija. U slučaju sumpornih spojeva uočene su razlike, gdje su SO₂ i H₂S na SB1 bili u većoj međusobnoj korelaciji nego na pokretnoj postaji SLB, uslijed različitih utjecaja industrijskih izvora ovisno o mikroklimatskom okruženju. Na postaji SLB identificirane su niže korelacije s ostalim lokacijama za određene plinovite tvari poput NH₃, H₂S i SO₂, što je jasan pokazatelj lokalnih izvora emisija (Slika 2).



Slika 2. Korelacijska matrica međusobnih odnosa vrijednosti koncentracija svih parametara kvalitete zraka izmjerenih na postaji SLB tijekom analiziranog razdoblja.

Kvantitativna usporedba medijalnih vrijednosti usporedivih parametara pokazala je najveće koncentracije na postaji SB1 za NO₂, O₃, C₆H₆ te PM₁₀ i PM_{2.5} dok su one veće na postaji SLB za SO₂ i H₂S. Mjerene medijalne vrijednosti koncentracija s postaje SB2 za sve tvari su u sredini raspona između vrijednosti izmjerenih na postajama SB1 i SLB.

Odnosi koncentracija onečišćujućih tvari i meteoroloških uvjeta

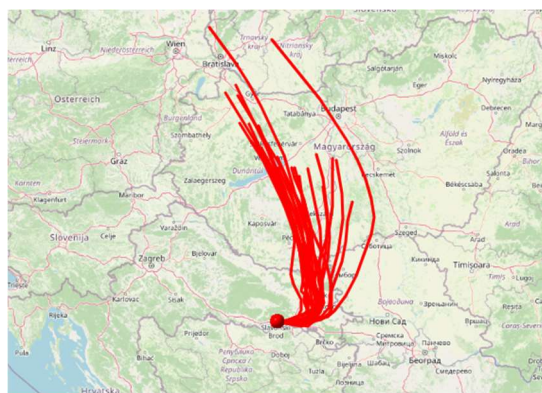
Analizom međuzavisnosti koncentracija i meteoroloških parametara identificirane su jasne veze između slabog vjetera i visokih vrijednosti gotovo svih primarnih onečišćujućih tvari. U uvjetima brzine vjetera manjim od 0.6 m/s dolazilo je do akumulacije PM frakcija, NO₂, NO, CO te sumpornih spojeva. Smjer vjetera iz sjevernog i sjeveroistočnog sektora dodatno je bio povezan s povišenim koncentracijama, što je djelomično posljedica konfiguracije terena i urbanih struktura koje ograničavaju ventilaciju narušenog zraka.



Povišena relativna vlaga zraka bila je značajan faktor za povećanje koncentracija PM te plinova poput NO_2 , budući da visoka vlaga pogoduje kondenzaciji aerosolnih čestica i smanjenju vertikalnog miješanja. Niže temperature također su bile povezane s višim koncentracijama većine tvari, tipično za zimske epizode inverzije. Ozon je jedini pokazao obrnut trend, s većim vrijednostima pri višim temperaturama i boljoj ventilaciji.

Prekogranični transport i sinoptički utjecaji

Model HYSPLIT pokazao je da su tijekom pojedinih epizoda dominantne zračne mase dolazile iz smjera sjevera i sjeveroistoka, što je u skladu s prijašnjim istraživanjima koja su ukazivala na mogućnost prijenosa čestica i bioaerosola iz udaljenijih područja Mađarske i Srbije. Međutim, takav doprinos bio je relativno slab u odnosu na lokalne utjecaje, a glavni učinak prekograničnog transporta prikazao se kao pozadinsko onečišćenje na koje su se nadovezali lokalni izvori npr. u uvjetima stabilne atmosfere (Slika 3.).



Slika 5. Rezultat numeričkog modela Hysplit iniciranog na dan 3.2.2025. godine s dužinom trajanja od 24 sata. Crvene linije prikazuju trajektorije kretanja čestica iz udaljenih područja kroz razdoblje od 2.2. do 3.2.2025.

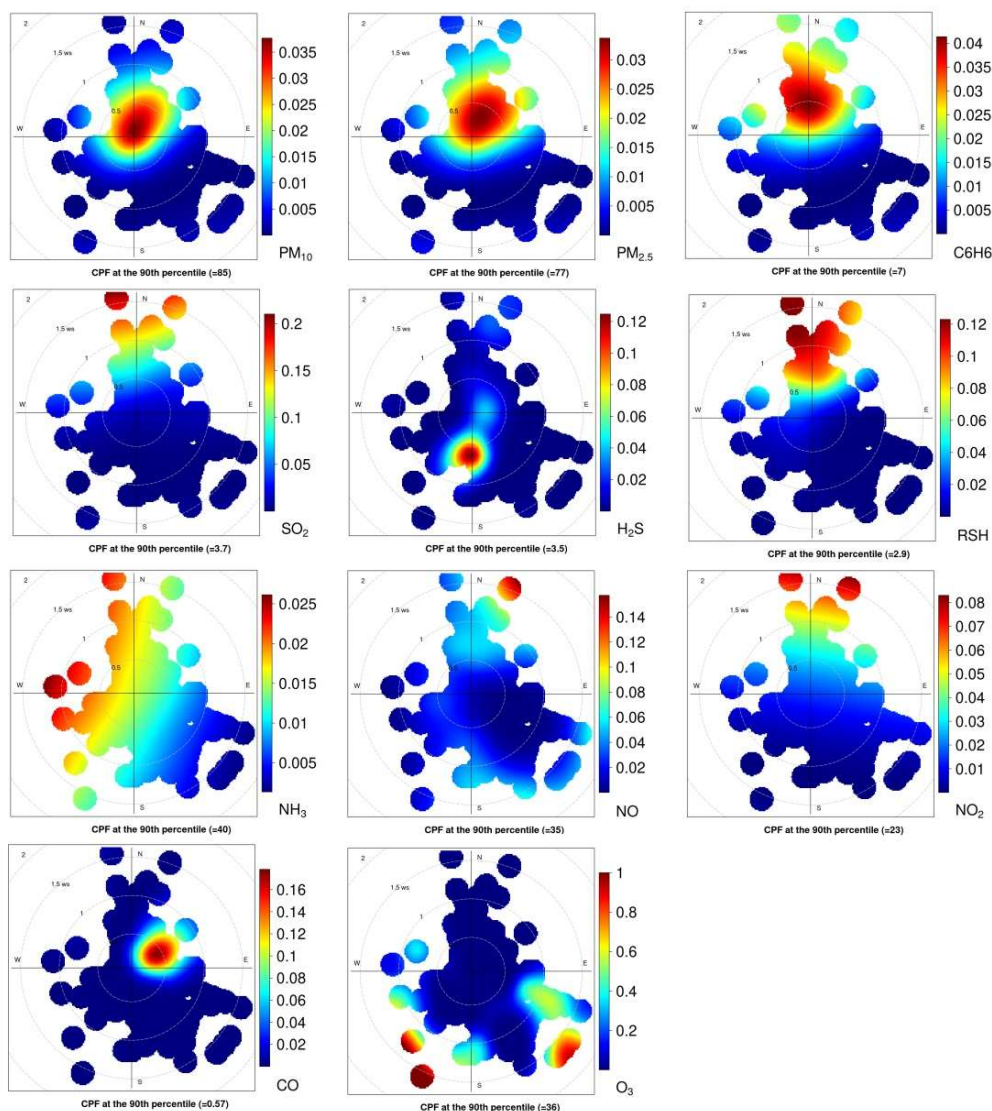
Receptorsko modeliranje i smjerovi doprinosa

Receptorsko modeliranje primjenom metode CBPF naglašava povezanost između smjera i brzine vjetera te razina pojedinih onečišćivača – omogućujući identifikaciju sektora iz kojih dolazi najveći doprinos onečišćenju. Takve informacije izuzetno su korisne za planiranje mjera upravljanja kvalitetom zraka, kao i za prostorno planiranje i kontrolu izvora emisija.

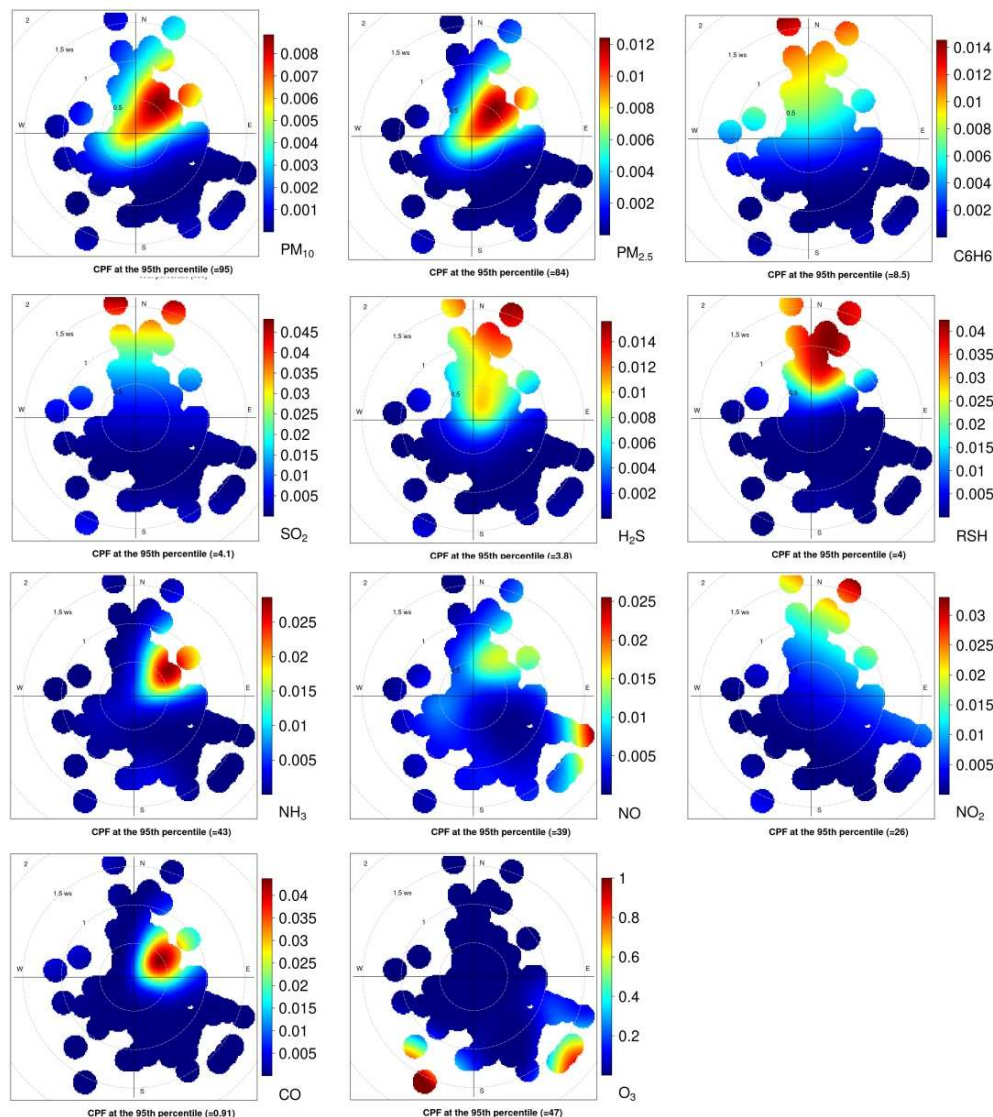
Primjenom CBPF metode potvrđene su najviše vrijednosti PM_{10} i $\text{PM}_{2.5}$ u uvjetima vrlo slabog vjetera te uz doprinose sa sektora od NNW do NE. Vrlo visoke koncentracije lebdećih čestica pokazale su sličan obrazac, uz širenje prema NE pri brzinama nešto većim od 1 m/s. Ovaj rezultat ukazuje na lokalne izvore smještene sjeverno do sjeveroistočno od SLB postaje i na visoku osjetljivost na stabilne atmosferske uvjete. Koncentracije benzena i RSH pokazale su prostorne obrasce slične PM, što potvrđuje povezanost benzena s prometom i industrijskim aktivnostima te moguću povezanost RSH sa industrijskim procesima. Koncentracije SO_2 i H_2S pokazale su različite prostorne raspodjele, pri čemu su viši iznosi SO_2 najčešći pri vjetrovima iz N–NNW, dok su povišene koncentracije H_2S zabilježene iz južnog sektora pri niskim brzinama. Koncentracije NO i NO_2 imale su najvišu vjerojatnost povišenih vrijednosti pri sjevernim smjerovima, posebno pri brzinama do 1.5 m/s. Koncentracija CO pokazala je relativno ujednačenu prostornu raspodjelu s naglaskom na smjer NE.



Za ozon su se najviše vrijednosti koncentracija javljale uz veće brzine i smjerove SE te SW, što odražava njegov regionalni karakter (Slika 4. – 5.).



Slika 4. Rezultati provedbe receptorskog modeliranja za sve mjerene parametre postaje SLB korištenjem CBPF (engl. Conditional bivariate probability function) metode tijekom analiziranog razdoblja. Vrijednosti na grafovima prikazuju vjerojatnost pojave visokih koncentracija iznad 90-tog percentila.



Slika 5. Rezultati provedbe receptorskog modeliranja za sve mjerene parametre postaje SLB korištenjem CBPF (engl. Conditional bivariate probability function) metode tijekom analiziranog razdoblja. Vrijednosti na grafovima prikazuju vjerojatnost pojave visokih koncentracija iznad 95-tog percentila.

Zaključak

Analizom literature, mjerenja, modela, ROO-a, EMEP projekcija i CAMS podataka može se zaključiti sljedeće:

- Onečišćenje u Slavonskom Brodu rezultat je kombinacije lokalnih i prekograničnih izvora, pri čemu su u zimskim mjesecima presudni kućna ložišta, industrijski procesi i stabilni meteorološki uvjeti.
- Podaci ROO-a ne daju cjelovitu sliku — obuhvaćaju samo obveznike i ne uključuju merkaptane, NMVOC iz sitnih izvora, kućna ložišta i promet.
- Jeričević i sur., 2019, pružaju znanstvenu analizu doprinosa izvorima $PM_{2.5}$, NO_2 , SO_2 i H_2S i potvrđuju utjecaj rafinerijskih i lokalnih izvora tijekom 2015. godine



- Maslač i sur., 2025, prvi put mapiraju prostornu raspodjelu metala i nemetala, potvrđujući snažne industrijske i lokalne doprinose u 2015. i 2016. godini.
- EMEP projekcije pokazuju smanjenje NO_x, CO, NMVOC i BC, ali i porast SO_x te stagnaciju PM frakcija u posljednjih 5 godina.
- CAMS analiza potvrđuje sezonalnost i regionalne/prekogranične doprinose, osobito iz smjera juga i jugozapada.

Slavonski Brod je područje izrazito složene kombinacije lokalnih i regionalnih izvora onečišćenja. Zbog toga je za učinkovito upravljanje potrebno integrirati: lokalne mjere smanjenja emisija, modernizaciju ložišta, kontrolu industrijskih postrojenja, regionalnu suradnju s BiH, te korištenje visoko-rezolucijskih modela kvalitete zraka za pravovremeno upozoravanje i planiranje.

Integrirana analiza mjerenja s pokretne postaje SLB, u kombinaciji s podacima sa stacionarnih lokacija SB1 i SB2 te meteorološke postaje SBM, pokazala je koliko je nužno analizirati sve dostupne meteorološke i kemijske parametre kako bi se ispravno protumačile koncentracije onečišćujućih tvari. Analizirano razdoblje jasno je podijeljeno u dva meteorološka režima, u prvoj fazi niska temperatura, magla, visoka vlažnost i slabi vjetrovi uzrokovali su naglašenu akumulaciju onečišćujućih tvari, dok su u završnoj fazi više temperature i južna strujanja omogućili disperziju i smanjenje koncentracija primarnih emisija i povećanje ozona. Receptorsko modeliranje potvrđuje da su izvori lebdećih čestica, benzena, NO₂ i drugih spojeva primarno lokalni, dok ozon ima regionalnu komponentu. Dominantni doprinosi najvećih koncentracija dolaze iz sektora N–NE, uz snažan utjecaj slabog vjetera i stabilne atmosfere. Sažete informacije po onečišćujućim tvarima:

- **PM₁₀** i **PM_{2.5}** su lebdeće čestice koje su tijekom analiziranog razdoblja pokazale najviše razine onečišćenja, pri čemu su srednje vrijednosti prekoračile granične vrijednosti (u slučaju PM₁₀). Glavni izvori uključuju kućna ložišta (osobito korištenje krutih goriva), promet i lokalnu industriju. Najveća vjerojatnost pojave visokih i vrlo visokih koncentracija (iznad 90-tog i 95-tog praga percentila koncentracija tijekom analiziranog razdoblja) javlja se u uvjetima vrlo slabog vjetera (do 0.6 m/s) te pri uvjetima vjetera iz sjevernog sektora, što ukazuje na lokalnu akumulaciju onečišćenja u situacijama atmosferske stabilnosti i slabog miješanja zraka. Povećane vrijednosti bilježe se u večernjim satima i od ponedjeljka do petka, što ukazuje na izraženu vezu s ljudskim aktivnostima.
- **NO** i **NO₂**, kao produkti sagorijevanja goriva, prvenstveno potječu iz prometa i industrije. Analiza je pokazala da su koncentracije ovih plinova izraženije radnim danima, osobito ponedjeljkom i petkom, te u tipičnim prometnim vrhuncima (7–9h i 17–20h). Povišene vrijednosti koncentracija vezane su uz sjeverne i sjeveroistočne vjetrove (N, NNE), pri brzinama vjetera od 1–1.5 m/s. Ova dva spoja pokazuju međusobnu kemijsku vezu – NO se brzo oksidira u NO₂. NO se u određenoj mjeri veže uz sve smjerove vjetera izuzev istočnog, dok je doprinos NO₂ smanjen za zapadni (W) i sjeverozapadni (NW) smjer. CBPF metoda pokazuje najveću vjerojatnost koncentracija većih od 90 i 95 percentila iz smjera sjevera koji je ujedno dominantan vjetar za postaju SLB.
- **CO** nastaje nepotpunim sagorijevanjem goriva. Najviše koncentracije zabilježene su pri slabom vjetru iz smjera sjeveroistoka (NE), satna i dnevna varijabilnost nije utvrđena, što može ukazati na konzistentan izvor emisija. Visoke i vrlo visoke vrijednosti CO-a ukazuju na lokalni stacionarni izvor koji se aktivira u uvjetima slabog horizontalnog transporta.



- **SO₂** u vrlo niskim koncentracijama tijekom analiziranog razdoblja upućuje na nedostatak aktivnog izvora kroz cijelo analizirano razdoblje. Vrijednosti iznad 90-tog i 95-tog praga percentila vežu se za vjetar iz N–NNW sektora i brzinama od 1–1.8 m/s. Dinamika onečišćenja SO₂ ukazuje na potencijalno različit izvor SO₂ koji doprinosi povišenim koncentracijama na postaji SB1 i SLB/SB2 što se može vidjeti iz vremenskih nizova satnih vrijednosti. Ovisno o smjeru i brzini vjetra mijenjale su se razine koncentracija na postajama - tijekom razdoblja inverzije (prvi dio razdoblja) vrijednosti su povećane na SB1, a u dinamičnijim uvjetima nižih slojeva atmosfere vrijednosti su povećane na postaji SLB, a smanjene na SB1.
- **H₂S** karakteriziraju lokalni izvori emisije kao što su odlagališta otpada, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda i industrija. Koncentracije H₂S-a osjetljive su na mikroklimatske uvjete, pri čemu se viši iznosi javljaju kada je atmosfera stabilnija i disperzija slabija. Najveća vjerojatnost pojave visokih koncentracija veže se uz vjetar iz smjera SSW pri vrlo niskim brzinama (oko 0.8 m/s), dok su vrlo visoke vrijednosti zabilježene i za sjeverne smjerove pri brzinama iznad 1 m/s, što ukazuje na različite izvore ovisno o intenzitetu vjetra.
- **NH₃** pokazuje složen uzorak distribucije koncentracija, što sugerira prisutnost više disperziranih izvora. Uglavnom dolazi od aktivnosti s uporabom ili skladištenjem gnojiva i stajskog gnoja, ali i iz kanalizacijskog sustava i industrije. Povišene koncentracije NH₃ javljaju se pri širem rasponu smjerova (SW do NNE) i niskim brzinama vjetra (0.2–1.2 m/s), dok su vrlo visoke vrijednosti dominantno vezane uz NW smjer pri brzinama od 0.5 do 1.2 m/s. Odsustvo jasnog dnevnog ili tjednog uzorka dodatno potvrđuje karakter izvora emisija.
- **C₆H₆**, hlapivi organski spoj toksičnog djelovanja, potječe iz prometa, industrije i izgaranja fosilnih goriva. U analiziranom razdoblju visoke vrijednosti benzena bile su najčešće pri uvjetima vjetra iz smjera NNW i brzinama do 1.2 m/s, dok se vrlo visoke vrijednosti javljaju u širokom sektoru NW–NE, pri nešto višim brzinama (0.8–1.7 m/s). Dnevni hod pokazuje povećanja tijekom večeri, a tjedni uzorak ukazuje na povećanje u sredini tjedna, što može ukazivati na industrijske i prometne izvore, a manju vezu s prometnim sektorom.
- **RSH**, potječu iz industrijskih procesa, odvodnje, otpada i otpadnih voda. Koncentracije RSH-a ne pokazuju jasne dnevne ili tjedne uzorke, što sugerira kontinuirani izvor emisija. Pozitivna korelacija s benzenom i CO-om dodatno ukazuje na zajedničke izvore, osobito pri nepovoljnim uvjetima za disperziju.
- **O₃** (prizemni ozon) je sekundarna onečišćujuća tvar koja ne dolazi izravno iz izvora, već nastaje fotokemijskom reakcijom prekursora (NO_x, VOC) pod utjecajem sunčevog zračenja. Najveće koncentracije ozona javljaju se pri višim brzinama vjetra (>1.5 m/s) iz južnog i jugozapadnog smjera (SE, SW), te u popodnevnim satima (12–16h) kada je insolacija najveća. O₃ pokazuje negativnu korelaciju s onečišćujućim tvarima iz prometa, što je rezultat urbanog "ozone titration" efekta, pri čemu NO uništava O₃ u gradskim sredinama.

Ovaj sažetak pokazuje kako je za ispravnu interpretaciju rezultata pokretne postaje nužan multidisciplinarni pristup koji uključuje meteorologiju, statističku analizu, receptorske modele i usporedbu s referentnim stanicama. Time se dobiva cjelovita slika izvora onečišćenja i atmosferskih procesa, što je preduvjet za donošenje pouzdanih zaključaka i planiranje mjera upravljanja kvalitetom zraka.