
Jelena A. Vulović¹, Snežana B. Knežević^{2,3},
Marijana C. Jandrić-Kočič^{4,5}

ZAGAĐENJE VAZDUHA I NJEGOV UTICAJ NA ZDRAVLJE LJUDI: PREGLED STANJA U REPUBLICI SRBIJI

Sažetak: Zagađenje vazduha predstavlja alarmantan globalni izazov koji duboko utiče na zdravlje čovečanstva širom sveta. Među najznačajnijim zagađivačima vazduha su suspendovane čestice, sumpor-dioksid, oksidi azota, teški metali i amonijak, a njihov uticaj na ljudsko zdravlje je ozbiljan i opsežan. Respiratorne bolesti, uključujući astmu, hroničnu opstruktivnu bolest pluća i upalu pluća, često su povezane sa zagađenjem vazduha, dok se povećava i rizik od razvoja drugih ozbiljnih bolesti, poput dijabetesa i kardiovaskularnih problema. Posebna briga leži u izloženosti dece zagađenju vazduha, budući da njihov imuni sistem nije potpuno razvijen, a provode više vremena napolju, gde su koncentracije zagađenja obično više. U Srbiji, kao i u mnogim drugim zemljama, neophodno je preduzeti integrirane međusektorske mere kako bi se smanjilo zagađenje vazduha i zaštitilo zdravlje građana. Ovaj rad ima za cilj pružiti osnovni pregled problema zagađenja vazduha u Srbiji i istražiti mere kontrole i merenja kako bi se bolje razumeli osnovni koncepti i napredovalo u rešavanju ovog ozbiljnog problema.

Ključne reči: Zagađenje vazduha, rizik, svest, javno zdravlje, prevencija

Abstract: Air pollution has become a major global concern with profound implications for public health worldwide. Among the most significant air pollutants are particulate matter, sulfur dioxide, nitrogen oxides, heavy metals, and ammonia, which have serious and wide-ranging effects on human health. Respiratory diseases, including asthma, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and pneumonia, are

¹ Opšta bolnica Paraćin, Služba anestezije i reanimacije, Paraćin, Srbija

² Akademija tehničkih strukovnih studija Beograd, Srbija

³ Univerzitet u Kragujevcu, Fakultet medicinskih nauka, Srbija

⁴ Zdravstveni centar, Krupa na Uni, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

⁵ Univerzitet u Banjoj Luci, Medicinski fakultet, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

frequently associated with air pollution, while the risk of developing other serious conditions such as diabetes and cardiovascular problems is also elevated. Of particular concern is the exposure of children to air pollution, as their immune systems are not fully developed, and they spend more time outdoors, where pollution concentrations are often higher. In Serbia, as in many other countries, integrated intersectoral measures are necessary to reduce air pollution and protect the health of citizens. This paper aims to provide a basic overview of air pollution issues in Serbia and explore control and measurement measures to better understand the fundamental concepts and make progress in addressing this serious problem.

Key words: Air pollution, risk, awareness, public health, prevention

UVOD

Zagađenje vazduha je problem koji sve više privlači pažnju javnosti, posebno tokom grejne sezone. Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije (SZO) iz 2019. godine, čak 99% svetske populacije živelo je na mestima gde nisu ispunjeni standardi za kvalitet vazduha propisani od strane SZO. Širom sveta, zagađenje vazduha u gradskim i ruralnim sredinama bilo je povezano sa čak 4.200.000 prevremenih smrti u 2016. godini. Značajan deo ovih smrtnih slučajeva zadesio je stanovnike zemalja sa niskim i srednjim prihodima, sa najvećim brojem u regionima jugoistočne Azije i zapadnog Pacifika (1).

U kontekstu Srbije, procenjuje se da godišnje oko 6.592 ljudi gubi život zbog posledica izloženosti zagađenom vazduhu (2). Međutim, dodatne procene SZO ukazuju na još alarmantnije brojke kada se uzmu u obzir i posledice zagađenja vazduha unutar domaćinstava. Prema tim procenama, broj prevremenih smrti se gotovo udvostručuje, dosežući čak 11.500 godišnjih smrtnih slučajeva tokom 2016. godine. Rešavanje ovog ozbiljnog problema zahteva ne samo snažnu saradnju između različitih sektora, već i značajna finansijska ulaganja. Prema procenama Fiskalnog saveta, potrebna ulaganja za rešavanje problema zagađenja vazduha iznose čak 2,4 milijarde eura iz državnog budžeta (3).

Praćenje kvaliteta vazduha igra ključnu ulogu u kontroli i proceni nivoa zagađenja. Takođe omogućava praćenje trendova u kvalitetu vazduha, što je od suštinskog značaja za preduzimanje odgovarajućih mera radi smanjenja koncentracija štetnih materija u vazduhu i zaštite ljudskog zdravlja. Ovi elementi zagađenosti vazduha uključuju suspendovane čestice, sumpor-dioksid, okside azota, amonijak, teške metale i ostale zagađujuće supstance.

Analize i merenja u oblasti ekologije i zdravstva nedvosmisleno ukazuju na zabrinjavajuće nalaze – građani širom Srbije suočavaju se sa ozbiljnim izazovima

u vezi sa kvalitetom vazduha koji udišu. Cilj ovog istraživanja je da se dublje razumeju aktuelni problemi i osnovni koncepti vezani za zagađenje vazduha u Srbiji, posebno sa naglaskom na njegov potencijalni uticaj na zdravlje stanovništva. Osim toga, razmotrićemo postojeće mere kontrole zagađenja vazduha i istražiti potrebu za daljim istraživanjem i unapređenjem pristupa u rešavanju ovog izazova.

ELEMENTI ZAGAĐENOSTI VAZDUHA

Suspendovane čestice

Suspendovane čestice (*PM – Particulate Matter*) su sitne čestice koje predstavljaju mešavinu prašine, čađi i dima. Ove čestice su suspendovane u vazduhu kao čvrste čestice ili kao tečne kapljice. Suspendovane čestice predstavljaju jednog od najznačajnijih zagađivača sa veoma štetnim uticajem po ljudsko zdravlje. Zavisno od veličine dele se na PM10 i PM2.5 čestice. Ova podela zasnovana je na veličini čestica, pa su PM2.5 čestice sve one koje su veličine do 2.5 mikrona, dok su PM10 čestice sve one čestice veličine do 10 mikrona (4). Izloženost visokoj koncentraciji suspendovanih čestica dovodi do različitih poremećaja zdravlja, kao što su oboljenja respiratornog sistema, pogoršanje postojećih respiratornih i kardiovaskularnih oboljenja, karcinogeneza (5)

Tabela 1. Različiti standardi za graničnu godišnju vrednost koncentracije suspendovanih PM10 i PM2.5 čestica i dnevnu graničnu vrednost PM10 čestica

	SZO	EU	Srbija
PM ₁₀ – Granična godišnja vrednost	20 µg/m ³	40 µg/m ³	40 µg/m ³
PM ₁₀ – Granična dnevna vrednost	50 µg/m ³	50 µg/m ³ / 35 dana prekoračenja	50 µg/m ³ / 35 dana prekoračenja
PM _{2.5} – Godišnja granična vrednost	10 µg/m ³	25 µg/m ³	25 µg/m ³
PM _{2.5} – Dnevna granična vrednost	25 µg/m ³ / ne sme da pređe 3 dana godišnje	Nema standard	Nema standard

Izvor: Publikacija energija, klima i životna sredina. Beogradska otvorena škola (6)

Sumpor-dioksid

Sumpor-dioksid (SO_2) je bezbojni gas sa oštrim mirisom i kiselim ukusom. Pripada grupi gasova poznatih kao oksidi sumpora i može se naći u različitim sirovinama, uključujući sirovu naftu, ugalj i rude metala kao što su aluminijum, bakar, cink, olovo i gvožđe. Najveći izvori sumpor-dioksida nastaju tokom sagorevanja fosilnih goriva, poput uglja i nafte, dok se manji procenti emisija javljaju u industriji tokom procesa topljenja metala, proizvodnje celuloze i hartije, i u saobraćaju (7).

Sumpor-dioksid može izazvati iritaciju očiju i respiratornog sistema kod izlaganja visokim koncentracijama, a teže slučajeve mogućih oštećenja pluća. Takođe, i hronična izloženost niskim koncentracijama ovog gasa može prouzrokovati štetu gornjim i donjim delovima respiratornih puteva. U prisustvu drugih zagađujućih supstanci sumporni oksidi mogu postati katalizatori hemijskih reakcija u atmosferi, što dovodi do formiranja sekundarnih suspendovanih čestica (8).

Posebno važno je napomenuti da toksičnost sumpor-dioksida može biti pojačana u uslovima povećane vlažnosti vazduha, jer se tada stvara sumporna (sulfatna) kiselina. Ova kiselina u atmosferi reaguje sa ozonom i vodenom parom, stvarajući sumpornu kiselinu (H_2SO_4) i doprinosi pojavi tzv. kiselih kiša (8). Kisela kiša ili „atmosferski talog” formira se kada slobodni nemetalni oksidi sumpora i azota interaguju sa vodenom parom u atmosferi i padaju na zemlju (8).

Ovi procesi imaju duboko ukorenjene ekološke i zdravstvene implikacije koje zahtevaju pažljivo praćenje i regulaciju kako bi se zaštitila životna sredina i zdravlje ljudi.

Oksidi azota

Azot-dioksid (NO_2) je gas koji spada u grupu oksida azota i nastaje tokom nepotpunog sagorevanja goriva, pretežno u saobraćaju i termoelektranama. U urbanim sredinama najveći izvor ovog gasa je sagorevanje goriva, što ga čini tipičnim pokazateljem zagađenja vazduha izazvanog saobraćajem. Osim NO_2 , u vazduhu se nalazi još sedam oksida azota, uključujući NO , NO_2 , N_2O , NO_3 , N_2O_3 i N_2O_5 , kao i azotne kiseline (HNO_2 , HNO_3) i različita organska jedinjenja azota, kao što su peroksiacil-nitrat (PAN) i drugi organski nitrati.

Zdravstveni rizik povezan sa oksidima azota proizlazi kako iz samih oksida azota, tako i iz njihovih reakcija i uticaja na stvaranje drugih štetnih supstanci. Prisustvo NO_2 u vazduhu doprinosi formiranju ozona, suspendovanih čestica i kiselih kiša. U tom smislu, ukupan štetan uticaj oksida azota je teško kvantifikovati i može potencijalno biti obimniji od direktnih negativnih posledica po zdravlje ljudi (9).

Nastojanje da se razume kompleksan uticaj oksida azota na kvalitet vazduha i zdravlje ljudi zahteva interdisciplinarni pristup i kontinuirano praćenje kako bi se identifikovali i kontrolisali rizici povezani sa ovim zagađujućim materijama (9).

Amonijak

Amonijak (NH_3) prisutan u ambijentalnom vazduhu se već duže vreme smatra odgovornim za procese eutrofikacije i acidifikacije ekoloških sistema. Odnedavno je prihvaćen naučni stav da amonijak ima primarnu ulogu u formiranju sekundarnih čestica, stupanjem u brzu reakciju sa već prisutnim kiselim komponentama u ambijentalnom vazduhu (sumpor-dioksid i različiti oblici oksida azota).

Teški metali

Olovo (Pb) je toksični metal. Emisija olova najvećim delom je posledica korišćenja jedinjenja olova kao aditiva u benzinu. Po nekim procenama, od 1923. godine, kada je tetraetil-olovo prvi put dodat benzinu, pa do danas, emitovano je preko četiri milijarde tona olova. Koncentracije olova u ambijentalnom vazduhu su uglavnom niske i kreću se oko $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u zemljama gde se koristi bezolovni benzin do $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ali mogu da idu i do $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i značajno zavise od ekonomskog razvoja zemlje, nivoa urbanizacije i načina života.

Ostali elementi zagađenja vazduha

Kadmijum (Cd) je široko rasprostranjen teški metal čiji su glavni antropogeni izvori sagorevanje fosilnih goriva, metalo-prerađivačka industrija, industrija boja, baterija i industrija duvana. U vazduhu se često javlja u obliku mikroskopskih čestica koje se brzo šire izvan izvora emisije, pokrivajući velika područja.

Nikl (Ni) je još jedan teški metal koji se često nalazi u prirodi i ima antropogene izvore u gradovima, uključujući sagorevanje fosilnih goriva, metalurgiju i incineratore. Prema podacima Svetske zdravstvene organizacije, koncentracije nikla u ambijentalnom vazduhu evropskih gradova variraju između 9 i $60 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Ozon (O_3) se formira u donjim slojevima atmosfere kao sekundarni polutant pod uticajem ultraljubičastog zračenja i često se naziva „loš” ili troposferski ozon. On je izuzetno reaktivan i funkcioniše kao snažno oksidaciono sredstvo. Troposferski ozon igra ključnu ulogu u stvaranju letnjeg smoga. Dugotrajna izloženost zagađivačima vazduha koji sadrže ozon, posebno u saobraćaju, može povećati rizik od pojave astme, naročito kod dece (10).

UTICAJ ZAGAĐENOG VAZDUHA NA ZDRAVLJE LJUDI

Zagađenje vazduha ima ozbiljne posledice na respiratorno zdravlje ljudi i doprinosi širokom spektru oboljenja, uključujući astmu, hroničnu opstruktivnu bo-

lest pluća, upale pluća i tuberkulozu, kao i alergijske bolesti. Iako su veze između zagađenja vazduha i ovih bolesti kompleksne, nedavne epidemiološke studije ističu rastuću važnost zagađenja vazduha, posebno onog povezanog sa saobraćajem, kako u razvijenim tako i u manje razvijenim zemljama. Saobraćaj na lokalnim putevima posebno može ukazivati na štetne efekte zagađenja vazduha (11).

Zagađivači vazduha koji potiču iz saobraćaja i drugih izvora izlažu pojedince kompleksnim mešavinama zagađivača koje karakterišu promenljive koncentracije u prostoru i vremenu. Ovi faktori predstavljaju izazov za tačno kvantifikovanje izloženosti. Međutim, nove metode merenja i modelovanja omogućavaju dublje razumevanje veza između izloženosti zagađivačima vazduha i bolesti respiratornog trakta (12). Dugotrajna izloženost saobraćajnom zagađenju može skratiti očekivani životni vek (13).

Pored direktne štete po ljudsko zdravlje, zagađenje vazduha takode ima indirektne efekte, uključujući:

- Štetu na poljoprivrednim kulturama i vegetaciji zbog taloženja kiselih supstanci u zemljištu (kiselost tla).
- Trovanje domaćih životinja zbog prisustva teških metala u zemljištu i atmosferskim padavinama.
- Zagađivanje zemljišta i podzemnih voda usled ispiranja štetnih supstanci iz atmosferskih padavina.
- Uticaj na klimatske i mikroklimatske uslove.

Zagađivači vazduha imaju nizak uticaj samo na respiratorno zdravlje, već i na kardiovaskularni sistem (14). Čestice i gasovi prisutni u zagađenom vazduhu mogu izazvati akutne događaje kao što su srčani udar, moždani udar, srčana insuficijencija i hipertenzija (15). Dokazi pokazuju da PM_{2,5} čestice imaju štetne efekte na kardiovaskularni sistem, doprinoseći aterosklerozi, trombozi, upali i drugim patološkim procesima na koronarnim arterijama, srčanoj insuficijenciji, hipertenziji, dijabetesu i aritmijama (16). Povećanje nivoa zagađenja vazduha tokom poslednjih decenija povezuje se sa 14% svih smrtnih slučajeva usled cerebrovaskularnih bolesti (17). Dostupni dokazi takode podržavaju vezu između glavnih zagađivača vazduha i povećanog rizika od razvoja dijabetesa melitusa tip 2 (18).

Uticaj zagađenja vazduha na zdravlje dece

Uticaj zagađenja vazduha na decu predstavlja posebno zabrinjavajuću temu, jer su deca izložena zagađivačima vazduha u vreme kada njihov imunološki sistem nije u potpunosti razvijen, što čini njihove organizme podložnijim negativnim efektima. Osim toga, deca često provode više vremena napolju, gde su koncentra-

cije zagađivača, naročito onih iz saobraćaja, elektrana i drugih izvora sagorevanja, obično veće (19)

Nedavna istraživanja ističu ozbiljne posledice zagađenja vazduha na decu. Zagađenje vazduha, posebno ono povezano sa saobraćajem, povezuje se sa povećanom smrtnošću među novorođenčadi i povećanim rizikom od razvoja respiratornih problema, kao što je astma, kao i atopijskih bolesti (19)

Iako mnoge od ovih veza između zagađenja vazduha i zdravstvenih problema kod dece deluju kao uzročne, važno je napomenuti da postoje i drugi faktori koji mogu doprineti ovim efektima. Zbog toga se kontinuirano istražuju kako bi se potvrdile ove veze i razumeli mehanizmi koji leže u osnovi tih efekata. Takođe, ovakva istraživanja pružaju osnovu za razvoj strategija i politika usmerenih na zaštitu dečjeg zdravlja od negativnih uticaja zagađenja vazduha (19).

ZAHTEVI I STANDARDI KVALITETA VAZDUHA U SRBIJI

Zahtevi i standardi za kvalitet vazduha detaljno su definisani Uredbom o uslovima monitoringa i zahtevima kvaliteta vazduha (20). Ova uredba precizira niz ključnih elemenata vezanih za praćenje i kontrolu kvaliteta vazduha. Prema ovom zakonodavnom okviru, postavljaju se specifični kriterijumi za definisanje minimalnog broja mernih tačaka i lokacija za uzimanje uzoraka, metodologiju merenja i ocenjivanja kvaliteta vazduha (uključujući referentne metode merenja i kriterijume za procenu koncentracija zagađujućih materija), zahtevi u vezi sa podacima koji se koriste za ocenjivanje kvaliteta vazduha, način obezbeđenja kvaliteta podataka koji se koriste za procenu kvaliteta vazduha, i opseg i sadržaj informacija koje se odnose na ocenu kvaliteta vazduha u skladu sa Zakonom o zaštiti vazduha (21).

Zahtevi kvaliteta vazduha obuhvataju različite aspekte, uključujući granične vrednosti nivoa zagađujućih materija u vazduhu, gornje i donje granice za ocenjivanje nivoa zagađujućih materija u vazduhu, granice tolerancije i tolerantne vrednosti, koncentracije opasne po zdravlje ljudi i koncentracije o kojima se izveštava javnost, kritične nivoe zagađujućih materija u vazduhu, ciljne vrednosti i (nacionalne) dugoročne ciljeve zagađujućih materija u vazduhu, i rokove za postizanje graničnih i/ili ciljnih vrednosti, posebno u slučajevima kada se one prekorače u skladu sa Zakonom (21). Praćenje nivoa zagađenosti vazduha vrši se merenjem koncentracija različitih zagađujućih materija, kao što su sumpor-dioksid, azot-dioksid, oksidi azota, suspendovane čestice (PM10, PM2.5), olovo, benzen, ugljen-monoksid, prizemni ozon, arzen, kadmijum, živa, nikel i benzo(a)piren u vazduhu. Ovo se postiže korišćenjem automatskih mernih instrumenata i/ili uzorkovanjem vazduha i analizom uzoraka.

STANJE KVALITETA VAZDUHA U SRBIJI

Prema Zakonu o zaštiti vazduha (21), izradu Godišnjeg izveštaja o stanju kvaliteta vazduha u Republici Srbiji priprema i objavljuje Agencija za zaštitu životne sredine. Osnovu za monitoring kvaliteta vazduha predstavlja Uredba o utvrđivanju programa kontrole kvaliteta vazduha u državnoj mreži (22). Ovom Uredbom definisane su merne stanice i merna mesta, njihov broj i raspored, kao i zagađujuće materije koje se na njima mere. Godišnjim izveštajem obuhvaćeni su podaci koji su dostavljeni Agenciji od strane institucija koje vrše merenja i učestvuju u monitoringu kvaliteta vazduha na nacionalnom i lokalnom nivou.

Prilikom izrade Izveštaja koriste se podaci iz mreža stanica za kvalitet vazduha Agencije za zaštitu životne sredine, Gradskog zavoda za javno zdravlje Beograd, Pokrajinskog sekretarijata za urbanizam i zaštitu životne sredine Vojvodine, gradova Pančevo, Sremska Mitrovica, Užice, Požarevac, Subotica, Kraljevo i Sombor. Uredba o utvrđivanju zona i aglomeracija (23) utvrđuje 3 zone i osam aglomeracija u Srbiji. Na teritoriji Republike Srbije postoje tri određene zone:

– Zona „Srbija“, koja obuhvata teritoriju Republike Srbije, osim teritorija autonomnih pokrajina, grad Beograd, grad Niš, opštinu Bor, grad Užice, grad Smederevo i opštinu Kosjerić;

– Zona „Vojvodina“, koja obuhvata teritoriju Autonomne Pokrajine Vojvodine, osim teritorije gradova Novi Sad i Pančevo;

– Zona „Kosovo i Metohija“, koja obuhvata teritoriju Autonomne Pokrajine Kosovo i Metohija.

Na teritoriji Republike Srbije određeno je osam aglomeracija:

– Aglomeracija „Beograd“, koja obuhvata teritoriju grada Beograda;

– Aglomeracija „Novi Sad“, koja obuhvata teritoriju grada Novog Sada;

– Aglomeracija „Niš“, koja obuhvata teritoriju grada Niša;

– Aglomeracija „Bor“, koja obuhvata teritoriju opštine Bor;

– Aglomeracija „Užice“, koja obuhvata teritoriju grada Užica;

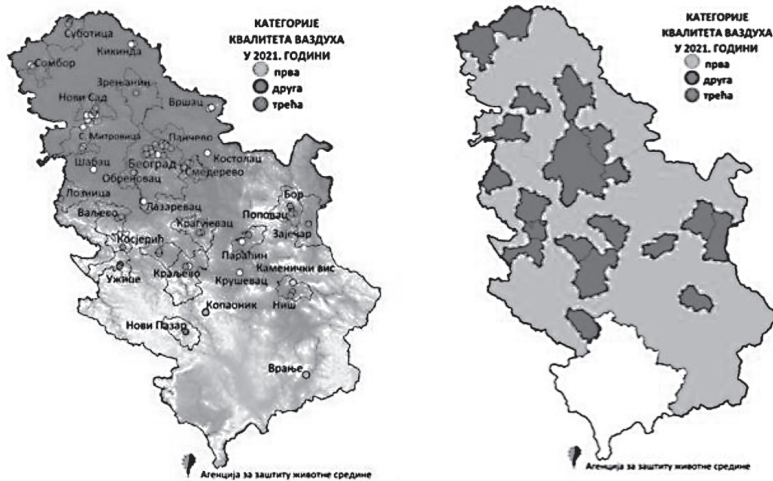
– Aglomeracija „Kosjerić“, koja obuhvata teritoriju opštine Kosjerić;

– Aglomeracija „Smederevo“, koja obuhvata teritoriju grada Smedereva;

– Aglomeracija „Pančevo“, koja obuhvata teritoriju grada Pančeva.

U skoro svim od navedenih gradova vazduh je bio prekomerno zagađen usled visoke koncentracije PM10 ili PM 2.5 čestica, sa izuzetkom Bora, koji je svrstan u gradove u najvišoj kategoriji zagađenja usled prekomerne koncentracije sumpor-dioksida (SO₂). Poslednji dostupni izveštaj, za 2021. godinu, koji je Agencija za zaštitu životne sredine objavila, pokazuje da je u 2021. godini vazduh bio prekomerno zagađen u sledećim gradovima: Beograd, Niš, Pančevo, Užice, Smederevo, Kosjerić, Bor, Novi Sad, Valjevo, Novi Pazar, Subotica, Kragujevac, Kraljevo, Loznica, Čačak, Zaječar, Paraćin, Sremska Mitrovica, Sombor i Zrenjanin.

Slika 1. Ocena kvaliteta vazduha u R. Srbiji za 2021. godinu



Izvor: Agencija za zaštitu životne sredine (24)

Ukoliko uporedimo podatke u poslednjih 13 godina, koliko postoji i funkcioniše državna mreža za monitoring kvaliteta vazduha, primetno je da se problem sa prekomernim zagađenjem NO_2 redovno javlja u praktično svim većim sredinama, u kojima postoji redovan monitoring čestičnog zagađenja (6).

Tabela 1. Prosečne godišnje koncentracije NO_2 na posmatračkim stanicama u Srbiji

City/Town	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Average, 2010–2015
Belgrade	33.2	40.8	43.0	31.5	29.2	34.3	35.3
Obrenovac	NA	16.4	25.8	NA	NA	22.5	21.6
Novi Sad	69.3	61.7	19.0	18.8	NA	NA	42.2
Beočin	NA	NA	NA	24.4	19.1	NA	21.8
Smederevo	16.4	18.8	16.8	13.8	26.6	15.3	18.0
Kragujevac	29.1	53.7	21.5	26.9	NA	29.8	32.2
Užice	44.9	NA	50.6	48.7	32.2	38.4	43.0
Kosjerić	NA	16.4	18.8	12.9	NA	NA	16.0
Niš	36.4	23.2	33.3	25.9	21.8	26.0	27.8
Valjevo	30.9	18.9	28.3	34.2	21.7	20.7	25.8

Izvor: SZO (2)

Institut za javno zdravlje Srbije „Dr Milan Jovanović Batut“ u svojoj godišnjoj analizi, pod nazivom „Zagađenost urbanog vazduha na teritoriji Republike Srbije merena u mreži institucija javnog zdravlja u 2019. godini“, navodi da je nastavljen trend male zastupljenosti monitoringa čestičnog zagađenja sa česticama tipa PM10 i PM2.5 (20).

MERE PREVENCIJE

Postoje mnoge politike i pristupi u različitim sektorima koji bi mogli značajno doprineti smanjenju zagađenja vazduha. Na primer, u sektoru industrije, primena čistih tehnologija za smanjenje emisija iz dimnjaka i unapređenje upravljanja otpadom, uključujući hvatanje metanskog gasa koji se emituje sa lokacija za odlaganje, može značajno smanjiti izduvne emisije.

U sektoru energetike, obezbeđivanje pristupa pristupačnoj i čistoj energiji za potrebe kuvanja, grejanja i osvetljenja domaćinstava može značajno doprineti smanjenju emisija. Prenos na čistije načine proizvodnje električne energije, kao i podrška javnom prevozu u urbanim područjima, razvoj pešačkih i biciklističkih staza, kao i međugradske železničke veze, takođe su koraci ka smanjenju zagađenja izazvanog saobraćajem.

Urbanističko planiranje može doprineti poboljšanju energetske efikasnosti zgrada i kreiranju energetski efikasnijih gradova kroz strategije koje promovišu zelenije i kompaktnije urbanističke koncepte. Takođe, pažljivo planiranje institucija, poput škola, igrališta i bolnica, može doprineti smanjenju potrošnje energije.

U sektoru proizvodnje električne energije, povećanje upotrebe niskokarbonskih i obnovljivih izvora energije, kao što su solarna energija, energija vetra i hidroenergija, može značajno smanjiti emisije. Ko-generacija toplote i energije, kao i distribuirana proizvodnja energije, kao što su minimreže i solarna proizvodnja na krovovima, mogu doprineti diversifikaciji izvora energije i smanjenju emisija iz sektora električne energije.

U upravljanju komunalnim i poljoprivrednim otpadom, strategije za smanjenje otpada, odvajanje, recikliranje i ponovna upotreba ili obrada mogu smanjiti količinu otpada koji završava na deponijama. Takođe, unapređenje metoda za upravljanje biološkim otpadom i, u slučaju spaljivanja, primena najboljih dostupnih tehnologija, uz strog nadzor emisija, mogu doprineti smanjenju negativnih uticaja na vazduh. Ove različite politike i mere mogu značajno poboljšati kvalitet vazduha i smanjiti negativne posledice po zdravlje i životnu sredinu (2).

Postoji niz potencijalnih intervencija koje bi direktno doprinele smanjenju zagađenja vazduha i izloženosti građana. Prvo, smanjenje upotrebe čvrstih goriva za grejanje i kuvanje u domaćinstvima je ključna mera. Takođe, smanjenje emisija iz industrijskih postrojenja igra značajnu ulogu u smanjenju izduvnih gasova.

Prelazak na održiviju mobilnost, kao što je korišćenje čistih oblika prevoza, prioritetni je korak u smanjenju emisija iz saobraćaja. Poboljšanje planiranja gradova i zgrada, kako bi postali energetski efikasniji, zeleniji i kompaktniji, takođe bi doprinelo smanjenju potrošnje energije i emisija. Povećanje upotrebe niskoemisionih goriva i obnovljivih izvora energije bez sagorevanja, kao što su solarne i vetrovite energije, ima potencijal da značajno smanji emisije iz sektora proizvodnje energije. Strategije za smanjenje otpada, odvajanje, reciklažu i ponovnu upotrebu takođe su od suštinskog značaja u smanjenju zagađenja. Unapređenje komunikacije i podizanje svesti o rizicima povezanim sa zagađenjem vazduha mogu doprineti boljem razumevanju problema i podršci za implementaciju mera. Sve ove akcije trebalo bi da budu integrisane u okvir za praćenje životne sredine. Politike za smanjenje zagađenja vazduha treba da se razmatraju kao prilika za međusektorski pristup upravljanju kvalitetom vazduha, sa zajedničkim ciljevima i koordinisanim intervencijama relevantnih sektora, uključujući energetiku, transport, upravljanje otpadom i poljoprivredu.

Druga grupa potencijalnih akcija obuhvata izgradnju kapaciteta stručnjaka za javno zdravlje i primenu savremenih metoda za procenu uticaja na zdravlje i rizika po životnu sredinu. To uključuje praćenje i popunjavanje praznina u znanju i epidemiološkim podacima o zagađenju vazduha. Prikladne akcije u ovom kontekstu uključuju povećanje tehničkih kapaciteta na nacionalnom nivou, razvoj nacionalnih strategija za praćenje i mapiranje rizika po životnu sredinu i njihovog uticaja na specifične zdravstvene ishode, kao i sprovođenje epidemiološkog nadzora nad životnom sredinom (2).

ZAKLJUČAK

Borba protiv zagađenja vazduha zahteva integrisanu međusektorsku saradnju i celovit pristup upravljanju kvalitetom vazduha, kako globalno tako i u lokalnom kontekstu. Stanje u Srbiji posebno zahteva pažnju, s obzirom na postojeće izazove u vezi sa zagađenjem vazduha. Koordinisane intervencije u sektorima kao što su transport, energetika, upravljanje otpadom i poljoprivreda su ključne za poboljšanje kvaliteta vazduha i zaštitu zdravlja građana. Uključivanje svih relevantnih aktera, zajedno sa identifikacijom sinergija između mera za smanjenje zagađenja vazduha i smanjenje emisija gasova sa efektom staklene bašte, može maksimizirati zdravstvene koristi i doprineti očuvanju životne sredine u Srbiji i širom sveta. Čist vazduh nije samo pitanje zdravlja, već i ekonomske dobrobiti i kvaliteta života, a ulaganje u politike i akcije za unapređenje kvaliteta vazduha predstavlja neophodan korak ka boljoj budućnosti, kako u Srbiji tako i globalno.

LITERATURA

1. Ambient (outdoor) air pollution [Internet]. [cited 2023 August 18]. Available from: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
2. Health impact of ambient air pollution in Serbia: a call to action (2019) [Internet]. [cited 2023 August 17]. Available from: <https://www.euro.who.int/en/countries/serbia/publications/health-impact-of-ambient-air-pollution-in-serbia-a-call-to-action-2019>
3. Analize, stavovi i predlozi [Internet]. [cited 2023 August 17]. Available from: <http://www.fiskalnisavet.rs/latinica/analize-stavovi-predlozi.php>
4. Kim K-H, Kabir E, Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environ Int.* 2015;74:136–43.
5. Jimoda LA. Effects of particulate matter on human health, the ecosystem, climate and materials: A review. *Facta universitatis - series: Working and Living Environmental Protection.* 2012;9(1):27–44.
6. Publikacije | Energija, klima i životna sredina [Internet]. [cited 2023 August 17]. Available from: <https://www.bos.rs/ekz/publikacije>
7. Vidaković D. Višekriterijumska analiza kvaliteta vazduha u urbanim sredinama u zavisnosti od vremenskih faktora. Multicriteria analysis of air quality in urban areas depending on climatic factors [Internet]. 2013 Oct 29 [cited 2023 August 17]; Available from: <http://biblioteka.tfbor.bg.ac.rs/handle/123456789/60>
8. Sulphur Dioxide - an overview | ScienceDirect Topics [Internet]. [cited 2023 August 17]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/sulphur-dioxide>
9. Chen T-M, Gokhale J, Shofer S, Kuschner WG. Outdoor air pollution: nitrogen dioxide, sulfur dioxide, and carbon monoxide health effects. *Am J Med Sci.* 2007;333(4):249–56.
10. Hwang B, Lee Y, Lin Y, Jaakkola J, Guo Y. Traffic related air pollution as a determinant of asthma among Taiwanese school children. *Thorax.* 2005;60(6):467–73.
11. Dales R, Wheeler A, Mahmud M, Frescura AM, Smith-Doiron M, Nethery E, et al. The Influence of Living Near Roadways on Spirometry and Exhaled Nitric Oxide in Elementary Schoolchildren. *Environ Health Perspect.* 2008;116(10):1423–7.
12. Laumbach RJ, Kipen HM. Respiratory health effects of air pollution: update on biomass smoke and traffic pollution. *J Allergy Clin Immunol.* 2012;129(1):3–11; quiz 12–3.
13. Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S, Fischer P, van den Brandt PA. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *Lancet.* 2002;360(9341):1203–9.
14. Adamkiewicz G, Liddie J, Gaffin JM. The Respiratory Risks of Ambient/Outdoor Air Pollution. *Clin Chest Med.* 2020;41(4):809–24.
15. Münzel T, Gori T, Al-Kindi S, Deanfield J, Lelieveld J, Daiber A, et al. Effects of gaseous and solid constituents of air pollution on endothelial function. *Eur Heart J.* 2018;39(38):3543–50.
16. Mannucci PM, Harari S, Franchini M. Novel evidence for a greater burden of ambient air pollution on cardiovascular disease. *Haematologica.* 2019;104(12):2349–57.

17. Verhoeven JI, Allach Y, Vaartjes ICH, Klijn CJM, de Leeuw F-E. Ambient air pollution and the risk of ischaemic and haemorrhagic stroke. *Lancet Planet Health*. 2021;5(8):e542–52.
18. Balti EV, Echouffo-Tcheugui JB, Yako YY, Kengne AP. Air pollution and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis. *Diabetes Res Clin Pract*. 2014;106(2):161–72.
19. Schwartz J. Air pollution and children’s health. *Pediatrics*. 2004;113(4 Suppl):1037–43.
20. IZJZS - Batut: Početna [Internet]. [cited 2023 August 17]. Available from: <https://www.batut.org.rs/>
21. Zakon o zaštiti vazduha [Internet]. [cited 2023 August 19]. Available from: https://www.paragraf.rs/propisi/zakon_o_zastiti_vazduha.html
22. Uredba o utvrđivanju Programa kontrole kvaliteta vazduha u državnoj mreži: 58/2011-8 [Internet]. [cited 2023 August 19]. Available from: <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SIGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/vlada/uredba/2011/58/5/reg>
23. Uredba o određivanju zona i aglomeracija: 58/2011-7, 98/2012-3 [Internet]. [cited 2023 August 17]. Available from: <https://www.pravno-informacioni-sistem.rs/SIGlasnikPortal/eli/rep/sgrs/vlada/uredba/2011/58/4>
24. Агенција за заштиту животне средине - Министарство заштите животне средине [Internet]. [cited 2023 August 17]. Available from: <http://www.sepa.gov.rs/index.php?-menu=5000&id=1304&akcija=showDocuments>