Analiza zagađenosti zraka u Zenici

prof.dr. Samir Lemeš

EKO HUB Zenica
www.ekoforumzenica.ba

2022

Misli o prirodi!

Švedska Sverige

CPCD
Centar za promociju civilnog društva

MISLI O PRIRODI!

Ova analiza rezultat je projekta "Eko HUB Zenica". Opšti cilj projekta je da se uspostavi i održava funkcionalna lokalna mreža partnera koja djeluje na zaštiti okoliša.

Prof.dr. Samir Lemeš redovni je profesor Politehničkog fakulteta Univerziteta u Zenici, dugogodišnji aktivista i predsjednik upravnog odbora Eko foruma Zenica.

Analiza je izrađena u okviru projekta “Misli o prirodi!” koji implementira Centar za promociju civilnog društva, a finansira Švedska. Sadržaj Analize isključiva je odgovornost udruženja Eko forum Zenica i ne odražava nužno stavove Švedske.

Sadržaj

1. Zagađujuće materije u zraku 3

2. Indeks kvaliteta zraka 6

3. Sistem za monitoring kvaliteta zraka 8

4. Koncentracije SO_2 10

5. Koncentracije prašine 15

6. PAH i VOC 18

7. Izvori zagađenosti zraka u Zenici 20

8. Utjecaj zagađenog zraka na zdravlje 25

9. Planovi i mjere za smanjenje zagađenosti zraka 30

Literatura 33

1. Zagađujuće materije u zraku

Zrak je mješavina gasova, vodene pare i čestica prašine. U zraku najviše ima azota (N_2) - oko 78%, zatim kisika (O_2) - oko 21%, argona (Ar) - oko 0,9%, ugljen dioksida (CO_2) - oko 0,04%, te drugih materija, od kojih su neke označene kao zagađujuće. Koncentracija zagađujućih materija u zraku izražava se u jedinicama mase (1 μg/m^3 je 0,000001 grama po kubnom metru zraka) ili u jedinicama zapremine (1 ppm = 0,0001% - *parts per million*).

Svjetska zdravstvena organizacija utvrdila je listu zagađujućih materija i njihove koncentracije koje, ako se prekorače, imaju štetan utjecaj na zdravlje. Nakon epizode smoga u Londonu 1952. godine, kad su od posljedica zagađenog zraka umrle hiljade ljudi, razvijene zemlje uvele su stroge propise kojima su ograničene koncentracije zagađujućih materija u zraku. Provođenjem propisa i unapređenjem tehnologije, emisije i koncentracije SO_2, prašine i sličnih zagađujućih materija na Zapadu su dovedene na minimum. U Bosni i Hercegovini, posebno u područjima s teškom industrijom, termoelektranama na ugalj i područjima gdje se za zagrijavanje zimi koristi ugalj, kvalitet zraka je opasno narušen.

Lista zagađujućih materija obuhvata različite veličine prašine i veliki broj gasova koji imaju štetne posljedice po ljudsko zdravlje, ali se njih nekoliko koristi za procjenu kvaliteta zraka i poduzimanje mjera na osnovu izmjerenih koncentracija.

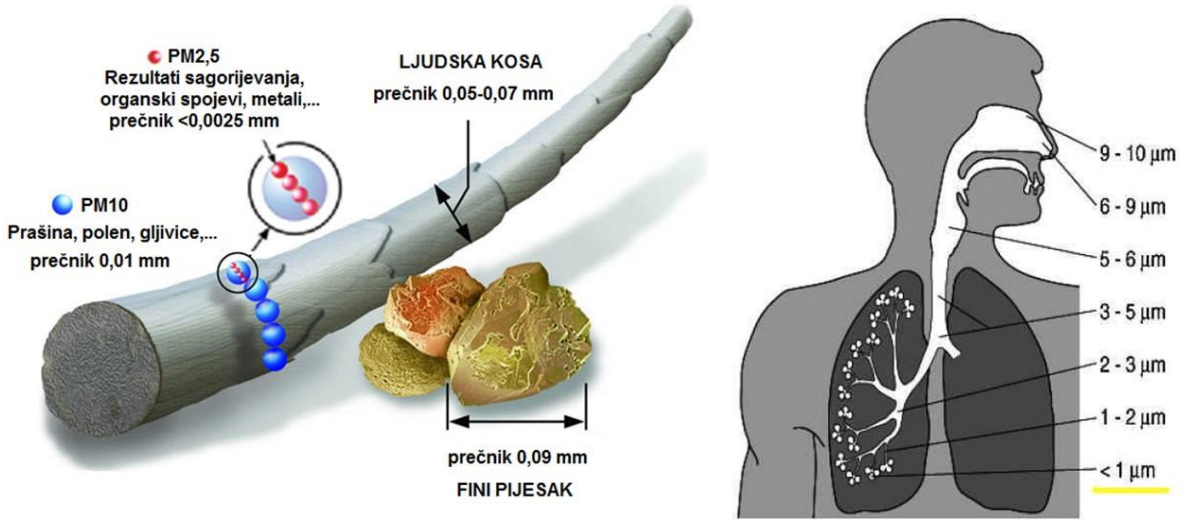
1.1. Prašina (PM10, PM2.5)

Prašina u zraku uključuje širok raspon veličina čestica koje imaju različit hemijski sastav, od teških metala do kancerogenih organskih jedinjenja [1]. Ako se udiše, prašina može izazvati upale i pogoršati bolesti srca i pluća, što može dovesti do prerane smrti. Prašina u zraku se označava skraćenicama PM10, PM2.5 i PM1, koje predstavljaju čestice (*Particulate Matter*) različite veličine: do 10, 2.5 ili 1 μm, odnosno 0,010 mm, 0,0025 mm ili 0,001 mm. Čestice prašine PM1 i PM2.5 posebno su štetne, jer imaju tendenciju da najdublje prodru u pluća, jer su sitnije od plućnih alveola, prolaze kroz njih direktno u krvotok. U medicinskoj literaturi najviše je studija o štetnim utjecajima PM2.5 na zdravlje.

Koncentracije prašine u zraku izražavaju se u μg/m^3 (mikrogramima po metru kubnom). U propisima FBiH češće se koristi krupnija prašina - PM10. Automatske mjerne stanice u nekim gradovima u BiH mjere PM10, u drugim PM2.5 i zato je teško porediti kvalitet zraka iz tih gradova. Prema procjenama američke agencije za zaštitu okoliša, u ukupnoj količini krupnije prašine (PM10) ima oko 60% fine prašine PM2.5, dok su mjerenja u BiH potvrdila da je udio PM2.5 čak 95% PM10. To znači da izmjerena koncentracija PM10 od 100 μg/m^3 pokazuje da su koncentracije PM2.5 vjerovatno 60 do 95 μg/m^3.

Čestice PM2.5 mogu biti primarne i sekundarne; primarne čestice se emitiraju direktno iz izvora, kao što je sagorijevanje fosilnih goriva, posebno uglja i dizela, u vozilima i industriji, grijanje i kuhanje u domaćinstvu, građevinarstvo i sagorijevanje otpadnih ostataka usjeva. Sekundarne čestice nastaju u složenim atmosferskim reakcijama koje nastaju među gasovima koje emitiraju termoelektrane,

industrija, poljoprivreda i motorna vozila, od kojih su najčešći SO_2, NO_x i NH_3. To znači da nevolja nikad ne dolazi sama, emisije jedne vrste zagađujućih materija pogoduju stvaranju drugih vrsta.



Slika 1. Čestice prašine raznih veličina prodiru u respiratorni sistem do različitih dubina

1.2. Sumpor dioksid

Sumpor dioksid (SO_2) je bezbojni gas oštrog mirisa, koji nastaje izgaranjem fosilnih goriva i industrijskom rafinacijom ruda koje sadrže sumpor. Ugalj iz bosanskohercegovačkih rudnika sadrži prilično visok procenat sumpora (do 5%), tako da sagorijevanjem tog uglja nastaju značajne količine SO_2. SO_2 može utjecati na respiratorni sistem i izazvati iritaciju očiju.

Za smanjenje koncentracija SO_2 u izduvnim gasovima, koriste se tehnologije odsumporavanja goriva ili rezultata sagorijevanja. Jedino postrojenje za odsumporavanje dimnih gasova u BiH ugrađeno je u termoelektranu Ugljevik, ali uprkos visokoj investiciji od 160 miliona KM ne daje zadovoljavajuće rezultate. Iz termoelektrane Ugljevik najavljuju da će zbog visokih operativnih troškova rada tog postrojenja morati povećati cijenu energije koju proizvode. Druge termoelektrane u BiH obavezale su se za ugradnju sličnih postrojenja nacionalnim planom za smanjenje emisija (NERP), ali realizacija tih projekata značajno kasni.

1.3. Azotni oksidi

Azotni dioksid (NO_2) i azotni monoksid (NO) koji se zajednički zovu azotni oksidi (NO_x), mogu nastati kao proizvod sagorijevanja u industrijskim postrojenjima i termoelektranama, ali najvećim dijelom nastaju sagorijevanjem goriva u motornim vozilima. tako su povećane koncentracije NO_x indikator da je uzrok zagađenja zraka saobraćaj. NO_2 je gas koji pri višim koncentracijama može iritirati dišne puteve, pojačavajući simptome kod plućnih bolesnika. Također doprinosi stvaranju prizemnog ozona i sekundarnih čestica prašine.

Kategorije automobilskih motora (Euro 4,5,6) određuju se upravo po koeficijentima emisija NO_2. Za smanjenje količine NO_2 u izduvnim gasovima vozila koriste se katalizatori i različite metode filtriranja. Poseban problem u siromašnim zemljama predstavlja nelegalna ali česta

praksa uklanjanja katalizatora iz vozila, radi prodaje platine iz katalizatora kao sekundarne sirovine, te radi blagog poboljšanja snage motora. Eko-test kojim se mjere emisije zagađujućih materija iz motornih vozila postao je eliminatoran prilikom registracije vozila u BiH tek od januara 2020. godine.

1.4. Ozon

Ozon (O_3) je gas koji je koristan u visokim slojevima atmosfere, jer štiti od ultraljubičastog zračenja iz svemira, ali se već i male prizemne koncentracije ozona smatraju opasnim po zdravlje. Prizemni ozon je fotohemijski smog jer nastaje djelovanjem sunčeve svjetlosti na azotne okside. Izaziva iritaciju očiju i pluća i zakiseljavanje tla, a povećane koncentracije prizemnog ozona uobičajene su tokom vrućih ljetnih mjeseci. Smanjenje emisija ozona je teško tehnički ostvarivo jer se ozon ne emituje direktno iz postrojenja za sagorijevanje kao druge materije, nego nastaje fotohemijskim reakcijama. Zato se mjere za smanjenje koncentracija prizemnog ozona u stvari primjenjuju na azotne okside i druge zagađujuće materije koje pogoduju nastanku prizemnog ozona.

1.5. Ugljen monoksid

Ugljen monoksid (CO) hemijski je spoj jednog atoma ugljika i jednog atoma kisika. Nastaje nepotpunim sagorijevanjem ugljika iz fosilnih goriva (ugalj, nafta, dizel, benzin, zemni gas,...). To je gas bez boje i mirisa (zato ga zovu "tihi ubica") koji je jako otrovan jer se veže na hemoglobin u krvi čime sprečava prijenos kisika. Slučajevi trovanja ugljen monoksidom česti su u zatvorenim prostorima, kad zbog nedostatka kisika umjesto potpunog sagorijevanja u ugljen dioksid (CO_2) nastaje CO. Kako taj gas nema ni miris ni okus, osobe koje borave u prostorijama s visokim koncentracijama CO ne primijete njegovo prisustvo.

1.6. PAH i VOC

PAH (*Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*) au policiklički aromatski ugljikovodici, kancerogena hemijska jedinjenja koja se obično nalaze u česticama prašine. To su organski spojevi koji najčešće nastaju izgaranjem organskih materija u industrijskim procesima, a najpoznatiji je benzo(a)piren ($C_{20}H_{12}$, BaP). Dokazano im je genotoksično i mutageno djelovanje. Prema klasifikaciji Međunarodne agencije za istraživanje raka (*International Agency for Research on Cancer, IARC*) benzo(a)piren je klasificiran u grupu 1, koja označava spojeve koji su kancerogeni za ljude.

VOC (*Volatile Organic Compounds*) su isparljive organske materije, koje su toksične i kancerogene za čovjeka, a u zraku se nalaze u vidu gasova kao što su benzen (C_6H_6), toluen (C_7H_8), etilbenzen (C_8H_{10}) i ksilen (C_8H_{10}), koji se nekad skraćeno označavaju BTEX.

1.7. Granične vrijednosti koncentracija

Kvalitet zraka određuje se preko koncentracija različitih zagađujućih materija u različitim vremenskim periodima. Neke zagađujuće materije imaju štetan utjecaj po ljudsko zdravlje i nakon kratkotrajnog izlaganja, i za njih se koriste koncentracije na kraći vremenski period (prosječna koncentracija tokom jednog sata, osam sati ili jednog dana). Neke materije utječu na zdravlje tek nakon duže izloženosti, pa se za njih propisuju granične vrijednosti na duži period (prosjek koncentracija tokom jedne godine).

U Federaciji BiH od januara 2012. godine na snazi je Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka (Sl. novine FBiH 1/12). Podaci o koncentracijama zagađujućih materija iz tog pravilnika moraju biti dostupni javnosti i objavljuju se na web stranici Federalnog hidrometeorološkog zavoda, odnosno na web stranici nadležnog organa kantona i jedinice lokalne samouprave. Kad dođe do prekoračenja tolerantne vrijednosti, nadležni organ dužan je da obavještava javnost i putem drugih elektronskih ili pisanih medija. Podaci o koncentracijama zagađujućih materija moraju biti jasni, razumljivi i dostupni na zahtjev javnosti.

Pravilnikom su propisane granična vrijednost, tolerantna vrijednost i granica tolerancije za zaštitu zdravlja ljudi za SO_2, NO_2, prašinu PM10 i PM2.5, olovo, benzen, CO, sulfate u PM10, hidrogen sulfid, merkaptane, amonijak, gasovite fluoride, hlorovodonik i fenole. Granična vrijednost označava nivo određen na osnovu naučnog znanja s ciljem izbjegavanja, sprečavanja ili smanjivanja štetnih utjecaja na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cjelini, mora se dostići u određenom periodu i kasnije ne smije biti prekoračen. Tolerantna vrijednost je granična vrijednost uvećana za granicu tolerancije. Tolerantne vrijednosti su se postepeno umanjivale od 2012. do 2021. godine, kad su se izjednačile s vrijednostima koje se koriste u EU.

Tabela 1. Tolerantne vrijednosti zagađujućih materija u zraku u FBiH ($\mu g/m^3$) [2]

Zagađujuća materija	SO_2	NO_2	PM10	PM2.5	O_3	CO	Benzen	BaP u PM10
Satni prosjeci	350	200						
Broj dozvoljenih prekoračenja u kalendarskoj godini	24 sata	18 sati						
Osmosatni prosjeci					120	10.000		
Dnevni prosjeci	125	85	50			5.000		
Broj dozvoljenih prekoračenja u kalendarskoj godini	3 dana		35 dana					
Godišnji prosjek	50	40	40	25		3.000	5	0,001
Prag uzbune	500	400			240			

2. Indeks kvaliteta zraka

Indeks kvaliteta zraka (*Air Quality Index - AQI*) je pokušaj pojednostavljenja mjerenja koncentracija više zagađujućih materija u zraku. Metodologija za proračun indeksa kvaliteta zraka nije globalno jedinstvena, nego se prilagođava lokalnim uslovima. Najčešće su u upotrebi kineski i američki indeks, koji koriste različite formule i granične vrijednosti za proračun indeksa iz izmjerenih koncentracija sumpor dioksida, azotnih oksida, ozona, prašine itd. Indeks koji koriste evropske zemlje ima znatno niže granice za povećanu zagađenost, jer je, zahvaljujući primjeni EU direktiva, zrak u EU drastično manje zagađen nego u Kini, Indiji pa čak i u SAD.

U Federaciji BiH je u julu 2019. godine usvojen pravilnik za određivanje zvaničnog indeksa po kojem se kvalitet zraka dijeli u šest kategorija, prema opasnosti po ljudsko zdravlje. Indeks se izračunava i objavljuje svakih sat vremena ali se za pojedine zagađujuće materije vrijednost Indeksa izračunava na osnovu različitih perioda, odnosno broja satnih mjerenja:

- sumpor dioksid (SO_2) i azotni dioksid (NO_2) - koncentracija za posljednji sat;
- lebdeće čestice PM10 ili PM2.5 - koncentracija za posljednja 24 sata;
- ugljen monoksid (CO) i ozon (O_3) - koncentracija za posljednjih osam sati.

Proračunavanje brojčane vrijednosti Indeksa za svaku zagađujuću materiju vrši se po formuli:

$$I = \frac{IKZ_{max} - IKZ_{min}}{KONC_{max} - KONC_{min}} \cdot (C_i - KONC_{min}) + IKZ_{min}$$

gdje su:

- IKZ_{max} - gornja granična brojčana vrijednost kategorije Indeksa kojoj pripada izmjerena koncentracija polutanta;
- IKZ_{min} - donja granična brojčana vrijednost kategorije Indeksa kojoj pripada izmjerena koncentracija polutanta;
- $KONC_{max}$ - gornja granična vrijednost koncentracije polutanta unutar kategorije Indeksa kojoj pripada izmjerena koncentracija polutanta;
- $KONC_{min}$ - donja granična vrijednost koncentracije polutanta unutar kategorije Indeksa kojoj pripada izmjerena koncentracija polutanta;
- C_i - vrijednost koncentracije polutanta ($\mu g/m^3$ za lebdeće čestice, sumpor dioksid, azotne okside i ozon; mg/m^3 za ugljen monoksid). Ovo je jedina promjenjiva vrijednost u formuli.

Kategorija	O3 ug/m3	PM2.5 ug/m3	PM10 ug/m3	CO mg/m3	SO2 ug/m3	NO2 ug/m3	IKZ	Klasa
dobar	0-120	0-15	0-50	0-5	0-125	0-100	0-50	1
umjeren	121-140	16-35	51-150	5.1-10.0	126-200	101-200	51-100	2
nezdrav za osjetljive grupe	141-176	36-55	151-250	10.1-14.4	201-500	201-700	101-150	3
nezdrav	176-210	56-150	251-350	14.5-18	501-800	701-1250	151-200	4
veoma nezdrav	210-400	151-250	351-424	18.1-35	801-1600	1251-2385	201-300	5
opasan	401-	251-800	425-900	35-60	1601-3000	2386-4000	301-400	6

Slika 2. Indeks kvaliteta zraka u FBiH [3]

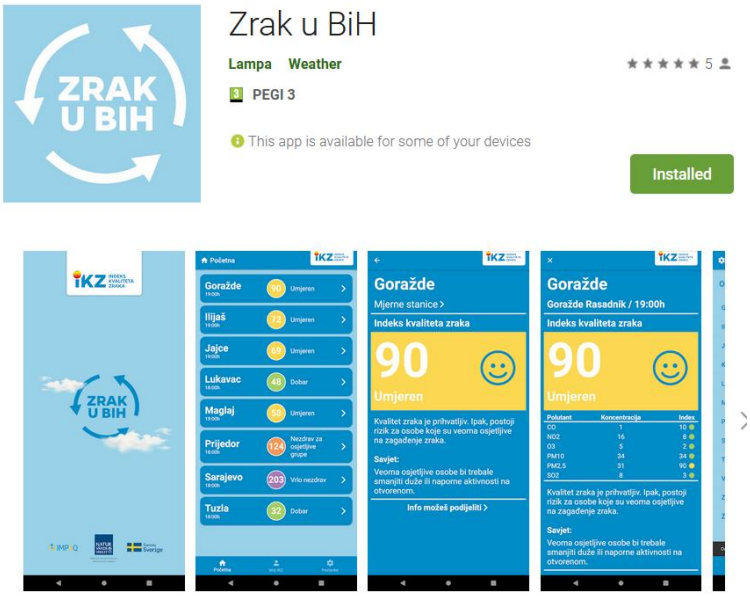
Brojčana vrijednost Indeksa izražava se u rasponu od 0 do 500 i podijeljena je u šest kategorija:

- Dobar (od 0-50, označava se zelenom bojom);
- Umjeren (od 51-100, označava se žutom bojom);
- Nezdrav za osjetljive grupe (od 101-150, označava se narandžastom bojom);
- Nezdrav (od 151-200, označava se crvenom bojom);
- Vrlo nezdrav (od 201-300, označava se ljubičastom bojom);
- Opasan (više od 301, označava se smeđom ili crvenosmeđom ili kestenjastom bojom).

Satne vrijednosti indeksa mogu se naći na web stranici Federalnog hidrometeorološkog zavoda:

http://fhmzbih.gov.ba/latinica/ZRAK/AQI-satne.php

Od kraja 2020. godine vrijednosti Indeksa mogu se naći i na web stranici koju je kreirala Švedska ambasada u BiH: https://zrakubih.ba, odnosno na mobilnoj aplikaciji "Zrak u BiH" dostupnoj za Android i iPhone uređaje. Ta web stranica i mobilne aplikacije pokazuju i vrijednosti Indeksa i pojedinačne vrijednosti koncentracija zagađujućih materija koje se mjere.



Slika 3. Mobilna aplikacija "Zrak u BiH"

3. Sistem za monitoring kvaliteta zraka

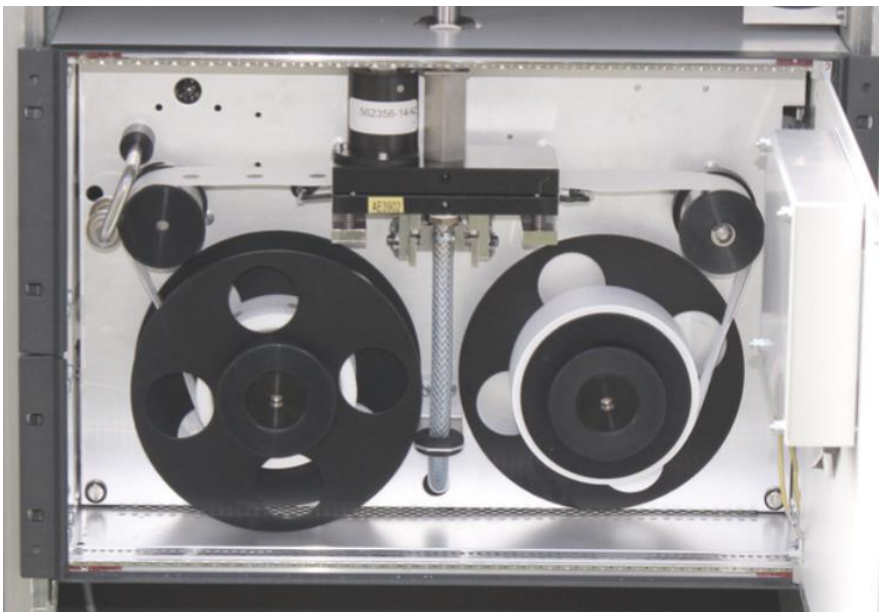
Monitoring kvaliteta zraka u FBiH u nadležnosti je Federalnog hidrometeorološkog zavoda i nadležnih organa kantona i jedinica lokalne samouprave koji treba da osiguraju mjerna mjesta i mjerne stanice u federalnoj i lokalnim mrežama za monitoring kvaliteta zraka; kontinuirana i povremena uzorkovanja zagađujućih materija; povremena mjerenja i uzorkovanja zagađujućih materija koja nisu obuhvaćena mrežom monitoringa kvaliteta zraka; prijenos, obradu, provjeru validnosti i analizu dobijenih rezultata; provjeru kvaliteta mjernih postupaka i održavanje mjernih mjesta, instrumenata i prateće opreme u cilju osiguranja zahtjeva kvaliteta podataka.

U Federaciji BiH monitoring kvaliteta zraka obavlja veći broj operatera u okviru Federalne mreže stanica (kojom upravlja Federalni hidrometeorološki zavod) i lokalnih mreža stanica na nivou kantona i općina. Podaci Federalne mreže, mreže Kantona Sarajevo i mreže grada Zenice direktno se prosljeđuju sa stanica na računar u FHMZ-u. U Zenici trenutno je u funkciji pet automatskih mjernih stanica. Stanicom na Bristu upravlja Federalni hidrometeorološki zavod (FHMZ), a preostale četiri stanice održava Institut "Kemal Kapetanović" (IKK). Tri stanice na užem gradskom području nabavio je grad 2013. godine, ali su naknadno ustupljene institutu jer gradske službe nemaju kapaciteta za održavanje ovakvih složenih i skupih uređaja. Postoji i mobilna mjerna stanica koja se po potrebi može postavljati i na područja u kojima nema kontinuiranih mjerenja.

Stanica	Operater	SO_2	NO_x	O_3	CO	PM10	PM2.5
Brist	FHMZ	x	x	x		x	
Centar	IKK	x	x	x	x	x	
Tetovo	IKK	x	x	x	x	x	
Radakovo	IKK	x	x	x	x	x	
Vranduk	IKK	x		x		x	x

Slika 4. Automatske mjerne stanice za praćenje kvaliteta zraka na području grada Zenice

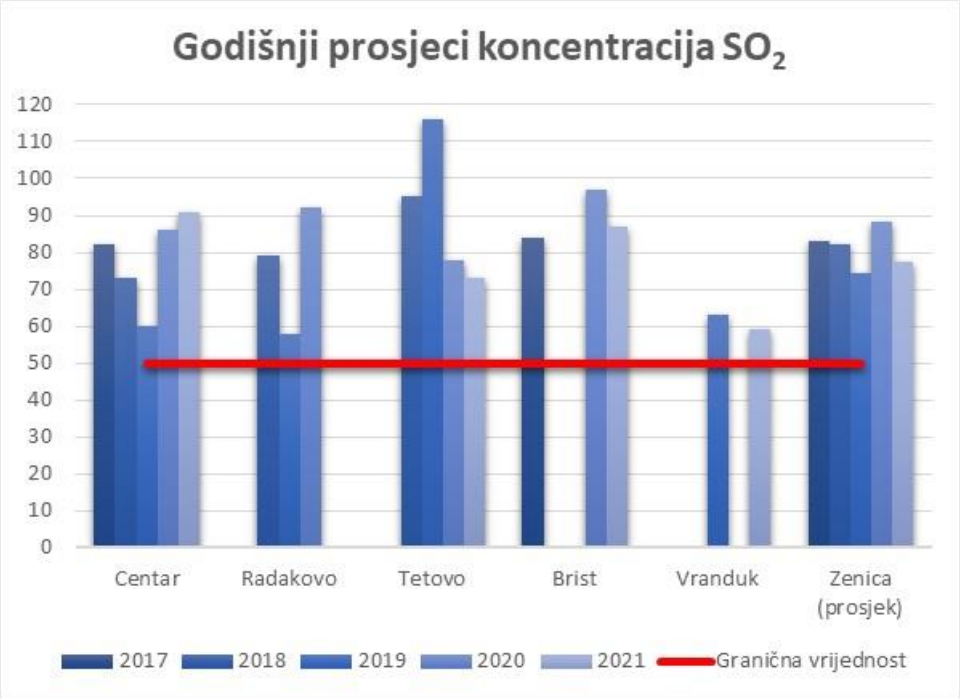
Slika 5. Lokacije mjernih stanica na području Zenice i laboratorija za kalibraciju mjernih uređaja



Slika 6. Uređaj za automatsko mjerenje koncentracija prašine radi na principu pumpanja zraka kroz papirni filter u obliku trake, koji se zatim analizira senzorom beta čestica

4. Koncentracije SO_2

Na osnovu podataka iz godišnjih izvještaja o kvalitetu zraka za Federaciju BiH [4] izvršena je analiza i grafički prikaz koncentracija sumpor dioksida za pet mjernih stanica u gradu Zenici tokom posljednjih pet godina. Za neke mjerne stanice nedostaju podaci za određene godine jer su mjerne stanice bile van upotrebe ili su podaci nakon validacije proglašeni nevažećim jer nisu bili ispunjeni svi uslovi za validnost izmjerenih podataka.



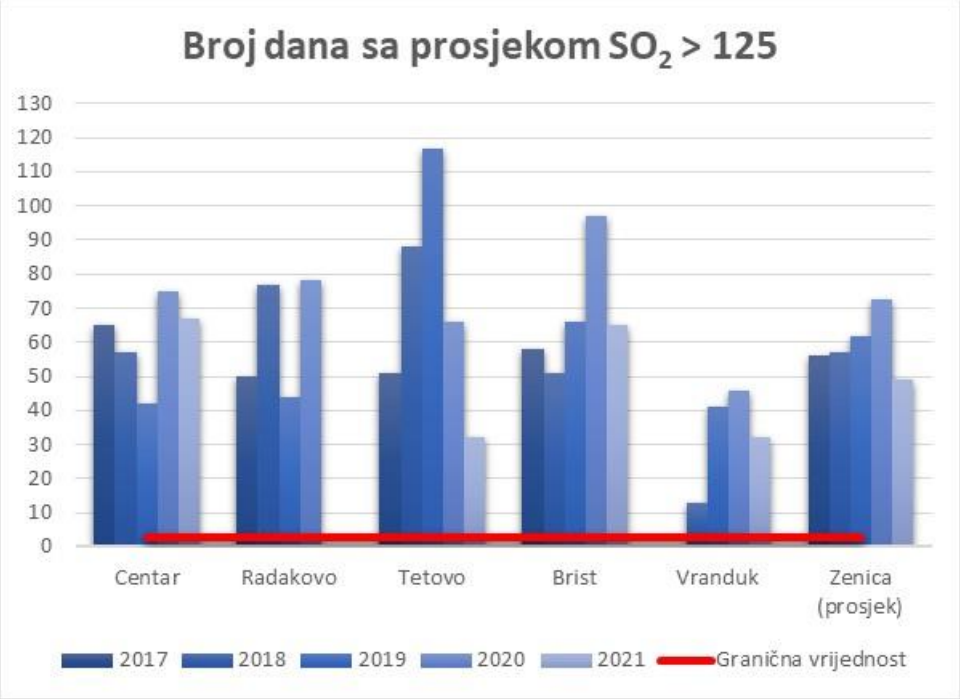
Godina	Centar	Radakovo	Tetovo	Brist	Vranduk	Zenica (prosjek)
2017	82			84		83
2018	73	79	95			82
2019	60	58	116		63	74
2020	86	92	78	97		88
2021	91		73	87	59	78

Slika 7. Prosječne godišnje koncentracije SO_2 u Zenici za period 2017-2021 u $\mu g/m^3$

Prosječna godišnja koncentracija nije jedini pokazatelj zagađenosti zraka sumpor dioksidom. Broj dana u kojima je koncentracija bila iznad tolerantne vrijednosti za dnevni prosjek (125 $\mu g/m^3$) ne smije biti veći od tri dana tokom kalendarske godine. Broj sati u kojima je koncentracija bila iznad tolerantne vrijednosti za satni prosjek (350 $\mu g/m^3$) ne smiju biti prekoračen više od 24 puta godišnje.

Godišnji prosjeci po pojedinim mjernim mjestima značajno variraju, ali su svi iznad tolerantne vrijednosti od 50 $\mu g/m^3$. U prosjeku nema velikih odstupanja po godinama, osim na

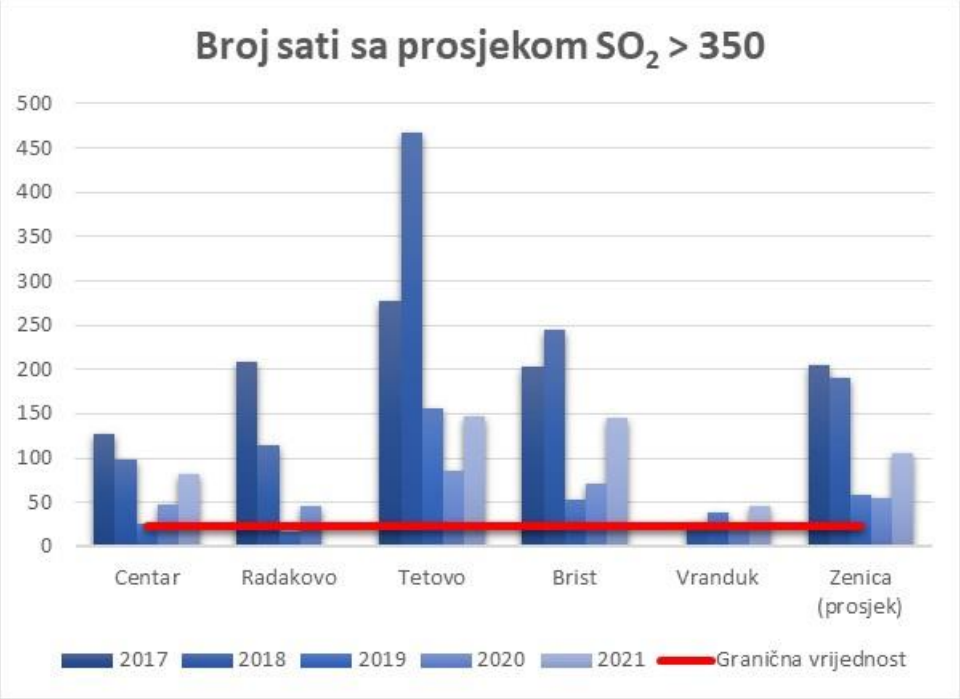
mjernom mjestu Tetovo, na kojem se od 2019. godine godišnji prosjek koncentracija SO_2 smanjuje. Na mjernim mjestima Centar (na krovu robne kuće Bosanka) i Radakovo (na krovu osnovne škole Skender Kulenović u naselju Radakovo), može se uočiti rast prosječnih godišnjih koncentracija.



Godina	Centar	Radakovo	Tetovo	Brist	Vranduk	Zenica (prosjek)
2017	65	50	51	58		56
2018	57	77	88	51	13	57
2019	42	44	117	66	41	62
2020	75	78	66	97	46	72
2021	67		32	65	32	49

Slika 8. Broj dana s dnevnim koncentracijama SO_2 većim od 125 $\mu g/m^3$

Kada se posmatra broj dana u kojima je koncentracija SO_2 bila iznad tolerantne vrijednosti za dnevni prosjek (125 $\mu g/m^3$), a koji ne bi smio preći tri dana tokom kalendarske godine, tu je situacija znatno lošija. U prosjeku na svim mjernim mjestima taj broj dana polako je rastao do 2020. godine, nakon čega je u 2021. godini imao pad. Na mjernom mjestu Tetovo, najveći broj takvih dana bio je 2019. godine, kad su čak 117 dana tokom godine zabilježena prekoračenja dnevnog prosjeka. Naredne dvije godine zabilježen je značajan pad baš na tom mjernom mjestu. Kad se to uporedi s podacima za ranije godine (čak 252 dana tokom 2014. godine), može se zaključiti da se situacija blago popravlja, ali da je broj dana s prekoračenjima još uvijek oko 20 puta veći od propisanih 3 dana godišnje. Prestankom korištenja uglja kao goriva u pogonu Energetika u ArcelorMittalu očekuje se dalje smanjenje koncentracija SO_2.

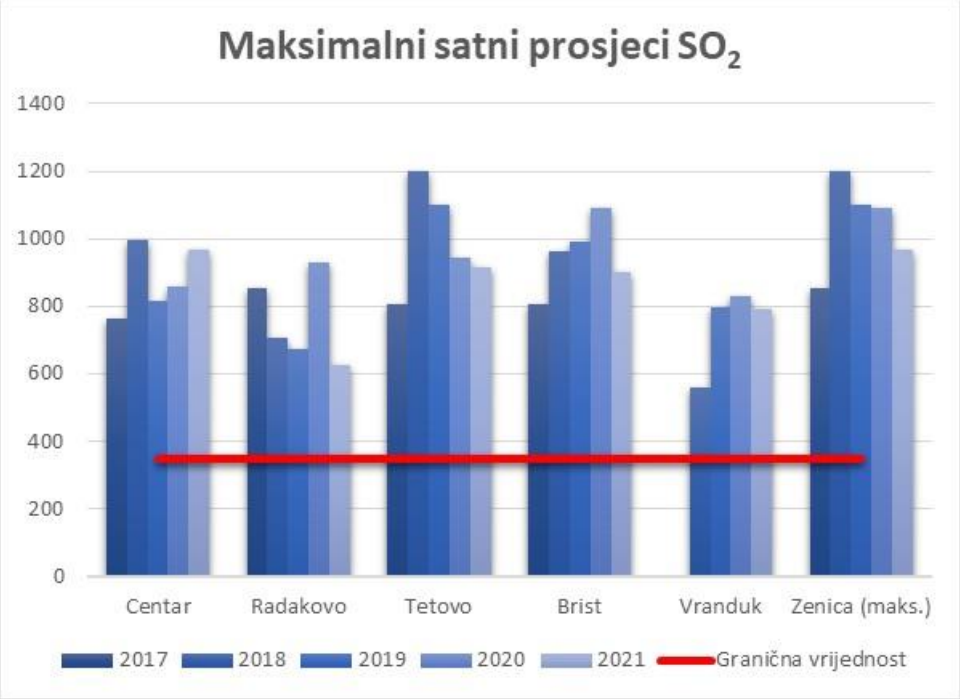


Godina	Centar	Radakovo	Tetovo	Brist	Vranduk	Zenica (prosjek)
2017	127	209	278	204		205
2018	99	114	468	245	28	191
2019	26	17	156	54	39	58
2020	48	46	85	71	26	55
2021	82		148	145	46	105

Slika 9. Broj dana sa satnim koncentracijama SO_2 većim od 350 μg/m^3

Prosječne satne koncentracije SO_2 ne bi smjele preći vrijednost od 350 μg/m^3 više od 24 puta godišnje. Na mjernom mjestu Tetovo, tokom 2018. godine ta granica je prekoračena čak 468 puta. Od svih ostalih mjernih mjesta za koje postoji dovoljan broj validnih rezultata mjerenja, ta granica nije bila prekoračena samo u Radakovu 2019. godine. U prosjeku za grad Zenicu može se uočiti nešto manji broj prekoračenja tokom 2019. i 2020. godine, ali i ponovni rast u 2021. godini.

Slika 10. Tokom 2013. godine satne koncentracije SO_2 znale su imati i četvorocifrene vrijednosti



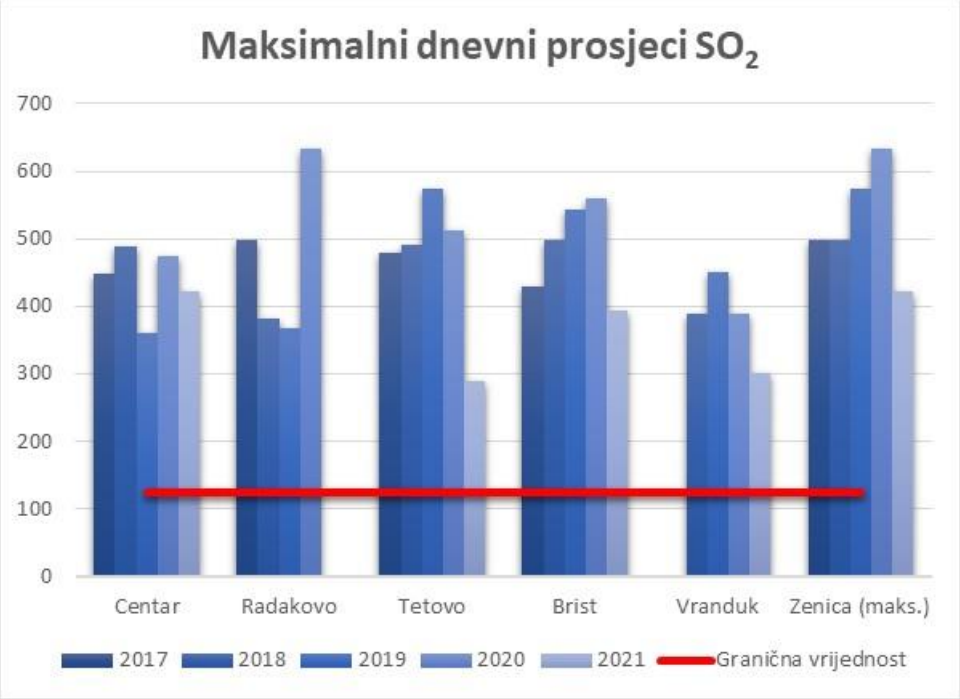
Godina	Centar	Radakovo	Tetovo	Brist	Vranduk	Zenica (maks.)
2017	762	852	807	807		852
2018	998	708	1198	961	559	1198
2019	814	672	1101	993	797	1101
2020	857	928	945	1092	830	1092
2021	969	626	914	900	791	969

Slika 11. Maksimalne izmjerene satne koncentracije SO_2 u Zenici od 2017-2021

Maksimalne izmjerene vrijednosti satnih koncentracija SO_2 u Zenici su u laganom opadanju, iako su i dalje alarmantno visoke. Tokom 2018. godine na mjernom mjestu Tetovo znale su dostići skoro 1.200 $\mu g/m^3$. Narednih godina nešto su manje, ali su i dalje skoro tri puta veće od propisane granice.

U periodu od nabavke automatskih mjernih stanica u Zenici (2013. godine) satne koncentracije su nerijetko imale vrijednosti koje su dostizale skoro 1.400 $\mu g/m^3$. Granica za proglašenje epizode uzbune u FBiH je koncentracija SO2 veća od 500 $\mu g/m^3$ koja je izmjerena u toku uzastopna tri sata, na tri mjerna mjesta. Takve epizode nisu se proglašavale svaki put kad su za to bili ispunjeni uslovi, ali je u decembru 2013. takva epizoda proglašena, poduzete su mjere planirane Planom interventnih mjera za slučajeve visoke zagađenosti zraka i kvalitet zraka se u roku od nekoliko sati popravio.

U Zenici tokom posljednjih pet godina nije proglašena epizoda uzbune, jer se u tom periodu skoro nijednom nisu stekli propisani uslovi. Mogući razlog za neproglašavanje epizoda je i ugovor o isporuci toplotne energije za grijanje grada, kojim se grad obavezao pokriti troškove zamjene goriva.



Godina	Centar	Radakovo	Tetovo	Brist	Vranduk	Zenica (maks.)
2017	449	498	479	430		498
2018	488	382	490	499	389	499
2019	360	367	575	543	450	575
2020	473	633	512	560	389	633
2021	421		290	393	300	421

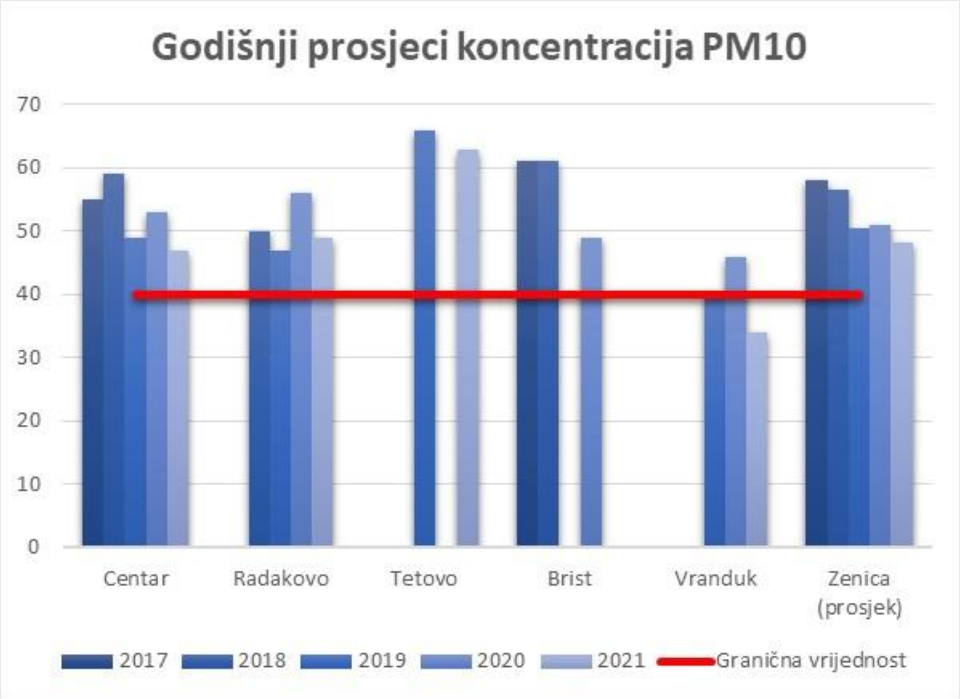
Slika 12. Maksimalne izmjerene dnevne koncentracije SO_2 u Zenici od 2017-2021

Dnevni prosjeci koncentracija SO_2, koji ne bi smjeli preći granicu od 125 $\mu g/m^3$ više od tri dana tokom kalendarske godine, u posmatranom periodu bili su dva do tri puta veći od propisane granice. Konstantno su rasli od 2017. do 2020. godine, nakon čega su počeli da opadaju, te je 2021. godine najveći zabilježeni dnevni prosjek iznosio 421 $\mu g/m^3$. Posebno treba istaći mjerno mjesto Vranduk, koje je prvobitno zamišljeno kao pozadinska mjerna stanica, za praćenje zagađenosti zraka koje se transportuje iz udaljenih izvora, ali rezultati mjerenja pokazuju da zbog ruže vjetrova i konfiguracije terena, ovo mjerno mjesto često bilježi visoke vrijednosti koje vjerovatno nastaju iz emisija kompanije ArcelorMittal Zenica i koje vjetar donese do Vranduka.

Može se zaključiti da je SO_2 i dalje najznačajnija zagađujuća materija u gradu Zenici i da treba provesti dodatne mjere za smanjenje količine tog polutanta, prvenstveno eliminisanjem uglja s visokim sadržajem sumpora, a zatim i postupcima odsumporavanja u industrijskim postrojenjima.

5. Koncentracije prašine

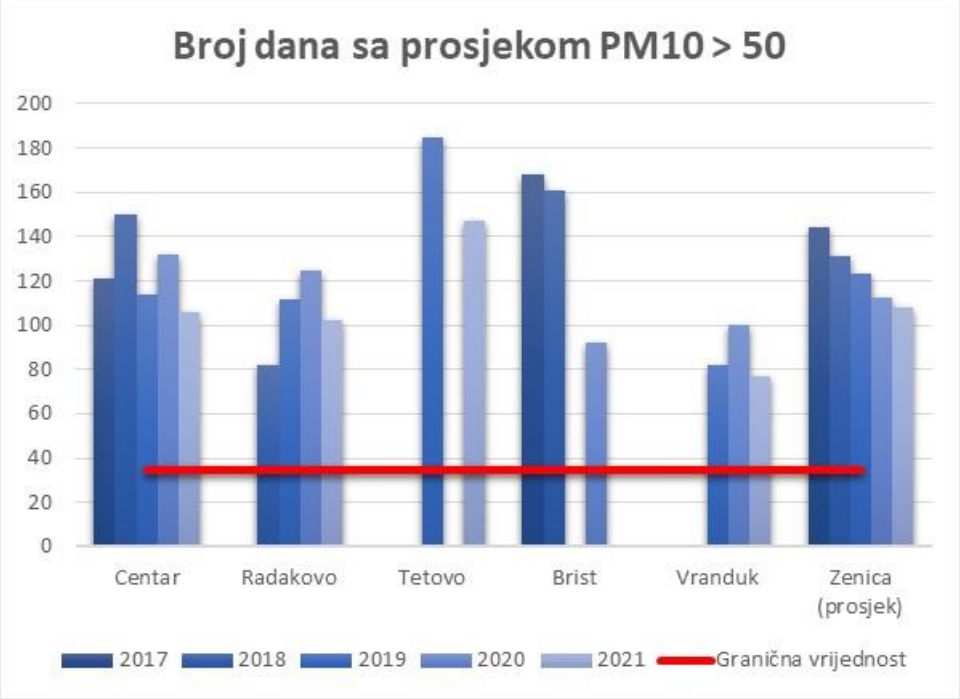
Na osnovu podataka iz godišnjih izvještaja o kvalitetu zraka za Federaciju BiH [4] izvršena je analiza i grafički prikaz koncentracija prašine PM10 za pet mjernih stanica u gradu Zenici tokom posljednjih pet godina. Za neke mjerne stanice nedostaju podaci za određene godine jer su mjerne stanice bile van upotrebe ili su podaci nakon validacije proglašeni nevažećim jer nisu bili ispunjeni svi uslovi za validnost izmjerenih podataka.



Godina	Centar	Radakovo	Tetovo	Brist	Vranduk	Zenica (prosjek)
2017	55			61		58
2018	59	50		61		57
2019	49	47	66		40	51
2020	53	56		49	46	51
2021	47	49	63		34	48

Slika 13. Prosječne godišnje koncentracije PM10 u Zenici za period 2017-2021 u $\mu g/m^3$

U poređenju sa SO_2, i koncentracije prašine PM10 u zraku u Zenici prelaze propisane tolerantne vrijednosti, ali su nešto manje izražene nego SO_2. U prosjeku za cijeli grad te koncentracije se postepeno smanjuju i ako se taj trend nastavi, za nekoliko godina bi Zenica mogla imati koncentracije prašine unutar propisanih granica. Najkritičnija situacija je u Tetovu i na Bristu, za koje nedostaje dovoljno podataka, ali prema raspoloživim podacima, i tu se prosječne godišnje koncentracije polako smanjuju.

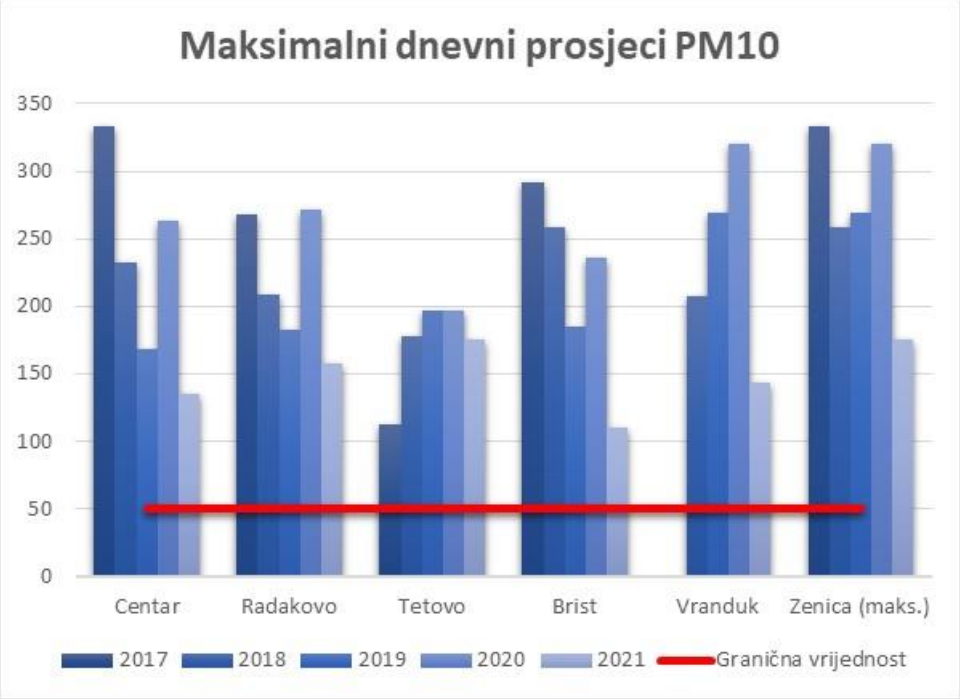


Godina	Centar	Radakovo	Tetovo	Brist	Vranduk	Zenica (prosjek)
2017	121			168		145
2018	150	82		161		131
2019	114	112	185		82	123
2020	132	125		92	100	112
2021	106	102	147		77	108

Slika 14. Broj dana s dnevnim koncentracijama PM10 većim od 50 μg/m^3

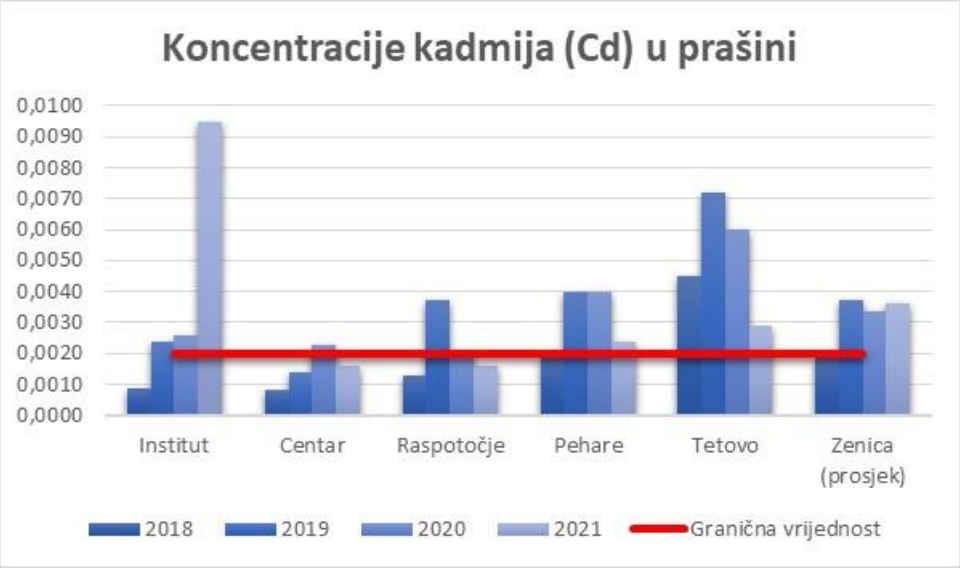
Prosječne dnevne koncentracije PM10 ne bi smjele preći vrijednost od 50 μg/m^3 više od 35 puta godišnje. Na mjernom mjestu Tetovo, tokom 2019. godine ta granica je prekoračena 185 puta. U prosjeku za sva mjerna mjesta u gradu Zenici može se uočiti postepeni pad broja dana u kojima je propisana granica prekoračena. Mjerna mjesta Tetovo i Brist nemaju dovoljno validnih podataka, ali u godinama kada je provedeno dovoljno mjerenja, broj dana s prekoračenjima bio je pet do šest puta veći od propisanih 35 dana tokom jedne kalendarske godine.

Maksimalni dnevni prosjeci prašine bili su skoro po sedam puta veći od tolerantne vrijednosti. Koncentracije u Tetovu su rasle do 2019. godine, nakon čega su počele polako da padaju. Najveći pad zabilježen je 2021. godine na svim mjernim mjestima, za koji su najvjerovatnije zaslužni povoljniji meteorološki uslovi, jer te godine nije bilo značajnijih nastojanja da se emisije zagađujućih materija smanje.



Godina	Centar	Radakovo	Tetovo	Brist	Vranduk	Zenica (maks.)
2017	333	268	113	292		333
2018	232	208	178	259	207	259
2019	168	182	197	185	269	269
2020	263	272	197	236	320	320
2021	135	157	175	110	143	175

Slika 15. Maksimalne izmjerene dnevne koncentracije PM10 u Zenici od 2017-2021



Slika 16. Koncentracije kadmija (Cd) u prašini u Zenici 2018-2021

Pored dnevnih i satnih koncentracija prašine, dodatni pokazatelj zagađenosti je i hemijski sastav te prašine, posebno sadržaj teških metala. Mjerenja koja je proveo Institut "Kemal Kapetanović" pokazuju da se u prašini u Zenici nalaze veće količine nekih teških metala u svim dijelovima grada. Najveće su koncentracije kadmija (Cd), dok su u Tetovu pored kadmija u količinama iznad granične vrijednosti prisutni i olovo (Pb) i cink (Zn). Visok sadržaj željeza (Fe) u prašini ukazuje na to da je glavni izvor teških metala u prašini metalurška proizvodnja.

6. PAH i VOC

Koksara je pogon kojim se proizvodi visokokalorično gorivo za metaluršku proizvodnju, te koksni plin kao energetski resurs [5]. Procesom koksovanja nastaje i znatna količina štetnih tvari kao što su sumporovodik, katran, benzen, toluen, ksilen, amonijak itd. Te štetne tvari mogu biti gasovite (benzen i druge volatilne organske supstance – VOC: *Volatile Organic Compunds*) ili se mogu nalaziti u česticama prašine (benzo(a)piren i drugi policiklički aromatski ugljikovodici – PAH: *Polycyclic Aromatic Hydrocarbons*).

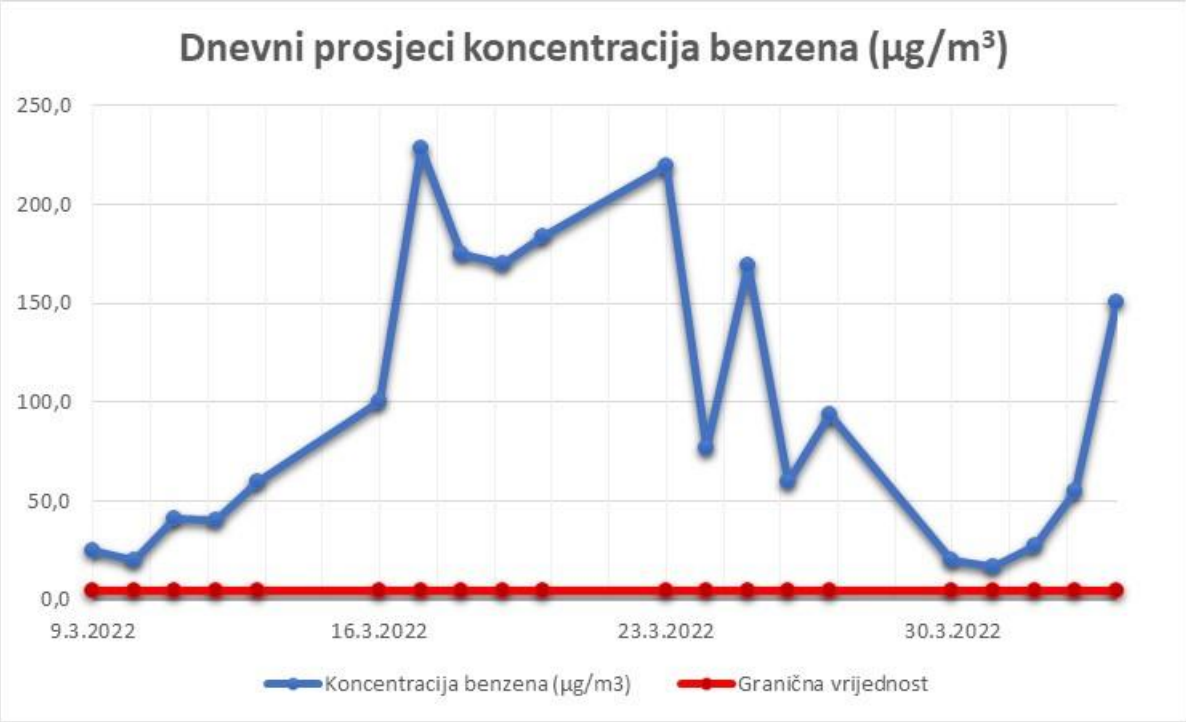
Slika 17. Fugitivne nekontrolisane emisije zagađujućih materija u zrak iz koksare

Okolinskim dozvolama za pogone i postrojenja kompanije ArcelorMittal Zenica bilo je predviđeno da se izvrše mjerenja organskih polutanata u okolini koksare, ali su te mjere godinama odgađane. Federalno ministarstvo okoliša i turizma u decembru 2021. godine izdalo je saglasnost da kompanija provede mjerenja osnovnih i specifičnih parametara u okruženju koksare (mjera 1.2.2. iz integralne okolinske dozvole). Mjerenja je izvršio institut "Kemal Kapetanović" u martu i aprilu 2022. godine.

Hronično izlaganje i relativno malim količinama benzena dovodi do glavobolje, gubitka apetita, umora, pospanosti, nervoze, psiholoških smetnji te bolesti krvnog sistema (oštećenje koštane srži, anemija, leukemija). Učestali doticaj kože s benzenom izaziva sušenje, upalu, dermatitis kao i pojavu plikova. Povećane koncentracije benzena imaju kancerogeni učinak i genotoksični utjecaj na ljudsko tijelo. Benzo(a)piren visoko je kancerogen, negativno utječe na funkciju mozga, smanjuje broj leukocita u krvi, smanjuje lučenje polnih hormona, a može dovesti i do oštećenja i mutacija DNK. Kratkoročna izloženost dovodi do crvenila i iritacije kože i očiju, dok dugotrajna izloženost može dovesti do promjena na koži, oštećenja fetusa, pojave bronhitisa, te raka kože i pluća.

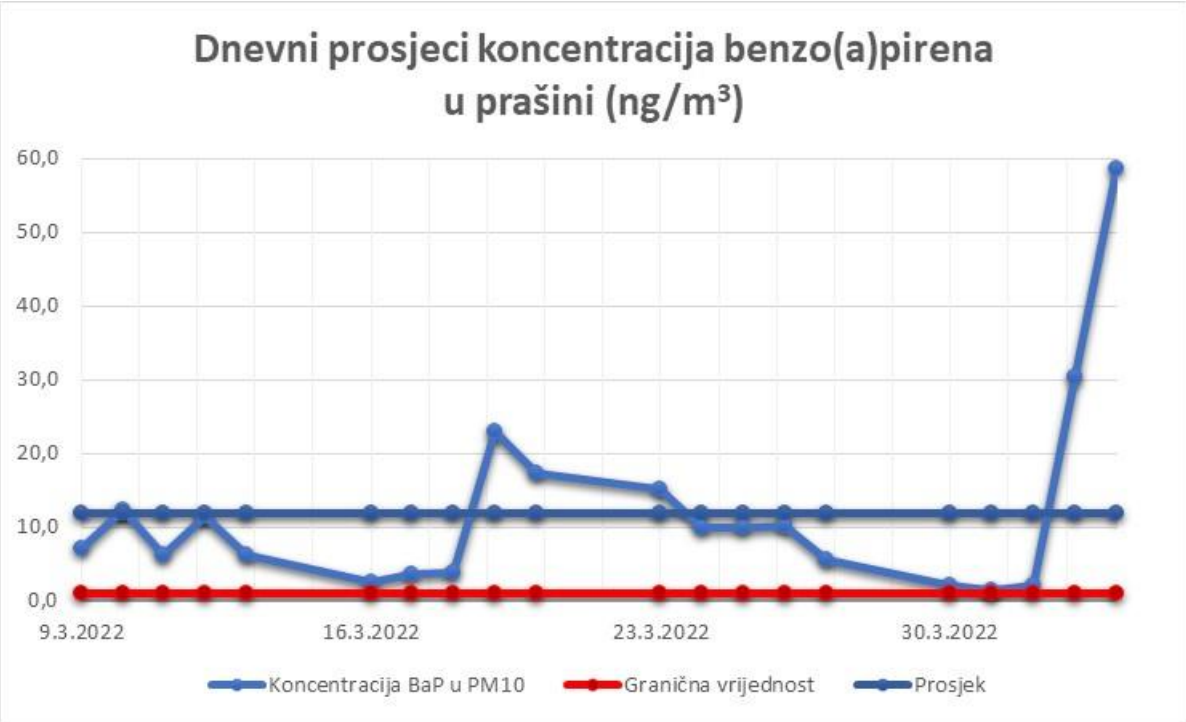
Kako se radi o zagađujućim materijama koje su po ljudsko zdravlje opasnije nakon dugotrajnog izlaganja, ne postoje propisane granične vrijednosti za satne i dnevne prosjeke koncentracija. Propisana je samo ciljna vrijednost za zaštitu zdravlja ljudi na godišnjem nivou koja iznosi 5 µg/m^3 za benzen, odnosno 1 ng/m^3 za sadržaj benzo(a)pirena u uzorcima lebdećih čestica PM10.

Satne koncentracije benzena registrovane u okolni koksare kretale su se od 1,3 do 1.279, a dnevni prosjeci od 20 do 228 µg/m^3. Satne koncentracije u prosjeku su 18 puta veće od ciljne vrijednosti za zaštitu zdravlja ljudi. Maksimalna satna koncentracija zabilježena je u posljednjoj sedmici marta i iznosila je 1.279 µg/m^3, što je 255 puta iznad ciljne vrijednosti!



Slika 18. Koncentracije benzena izmjerene u okolini koksare

Dnevni prosjeci koncentracija benzo(a)pirena u prašini kretali su se od 1,4 do 58,6 ng/m^3. Izmjerene koncentracije u prosjeku su 12 puta veće od ciljne vrijednosti za zaštitu zdravlja ljudi, a najveća izmjerena vrijednost bila je čak 58 puta veća od ciljne vrijednosti.



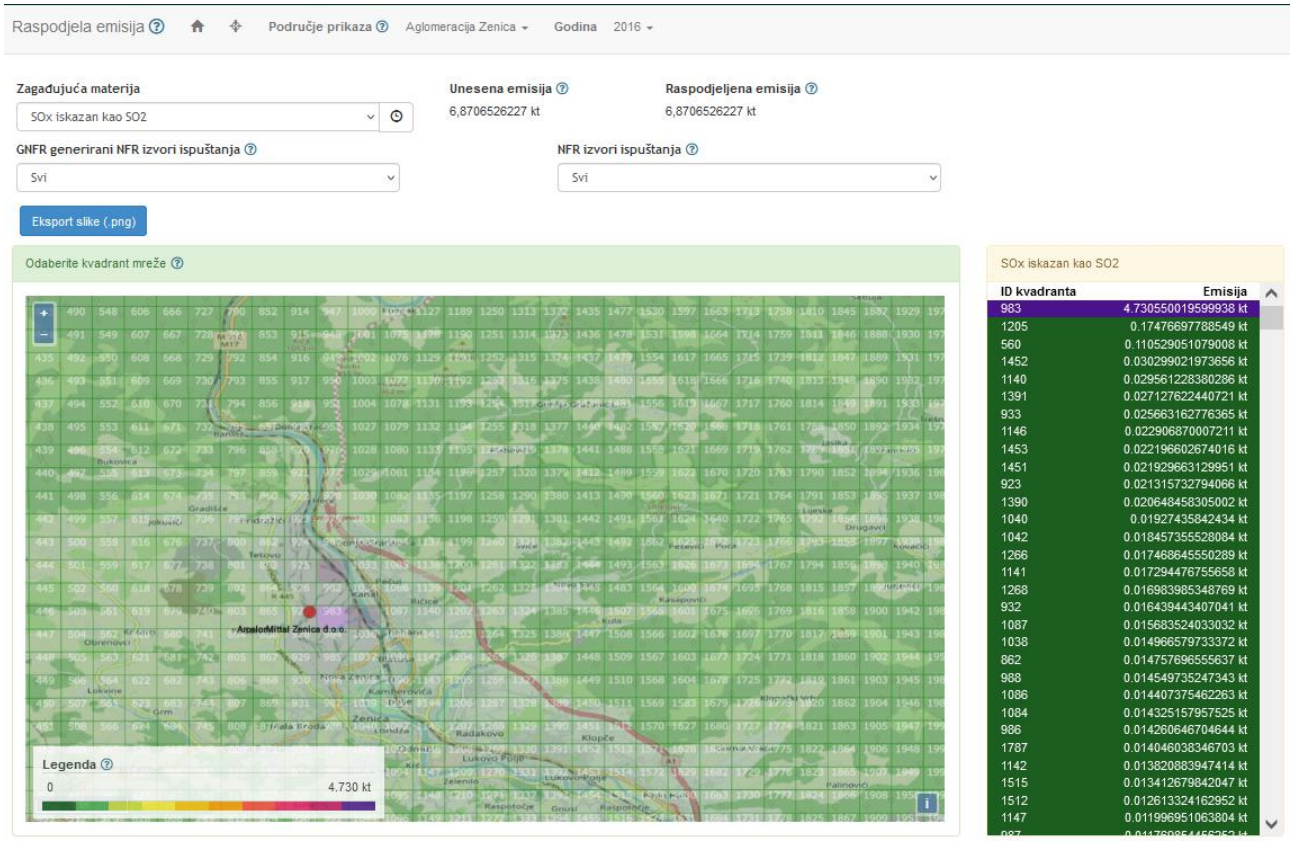
Slika 19. Koncentracije benzo(a)pirena u prašini izmjerene u okolini koksare

Prikazani rezultati mjerenja jesu alarmantni ali ne daju stvarnu sliku zagađenosti zraka u Zenici ovim polutantima. Da bi se dobila jasnija slika, potrebno je provesti mjerenja kroz duži vremenski period. U okolinskoj dozvoli za ArcelorMittal Zenica izdatoj 30.10.2022. godine predviđeno je da se provedu ovakva mjerenja na 4 mjerna mjesta u krugu fabrike, u trajanju od 100 dana pravilno raspoređenih tokom cijele godine.

7. Izvori zagađenosti zraka u Zenici

Centar za okoliš pri Institutu "Kemal Kapetanović" u Zenici uspostavio je i vodi Registar o postrojenjima i zagađivanjima [6]. Registar je baza podataka o izvorima, vrsti, količini, načinu i mjestu ispuštanja zagađujućih materija u zrak za područje Zeničko-dobojskog kantona. Ta baza podataka sadrži podatke samo za 2016. godinu, a dio podataka o ukupnim godišnjim emisijama SO_2 i prašine, koji se odnosi na grad Zenicu prikazan je u tabeli 2 i na slikama 21, 22 i 23. Prikazani su samo podaci o zagađujućim materijama za koje su registrovana prekoračenja tolerantnih vrijednosti za kvalitet zraka. Iako registar sadrži podatke o VOC, treba ih uzeti s rezervom jer ne obuhvataju

fugitivne (nekontrolisane) emisije s koksare i zato ovdje nisu prikazani. Registar je dostupan online na web stranici Instituta "Kemal Kapetanović" (https://ikk.unze.ba).

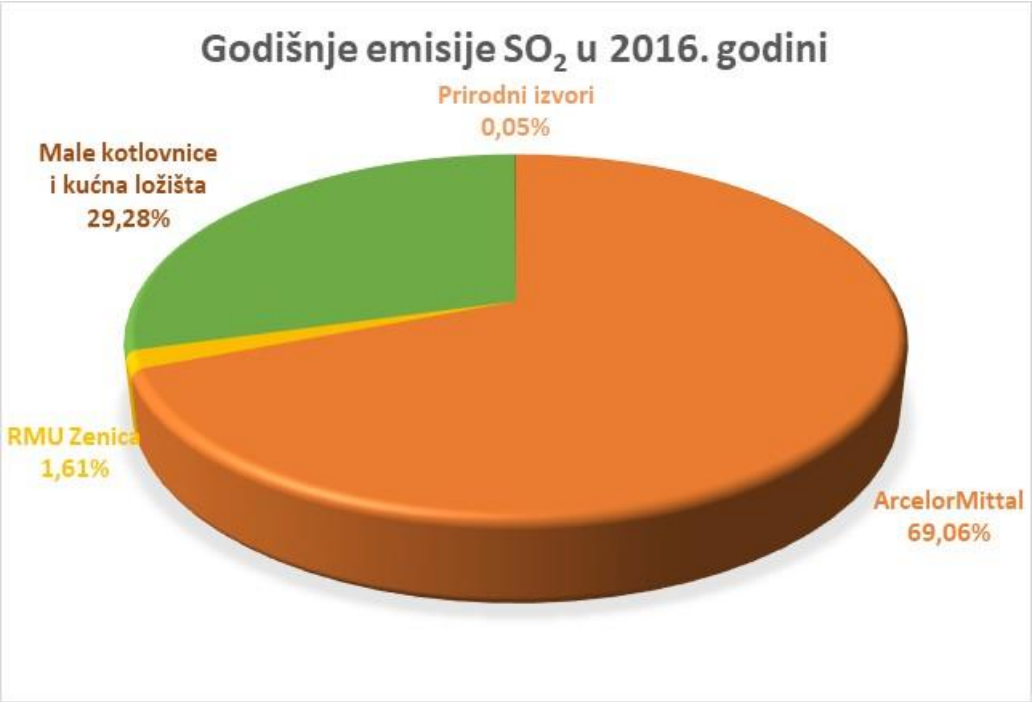


Slika 20. Registar o postrojenjima i zagađivanjima ZDK [7]

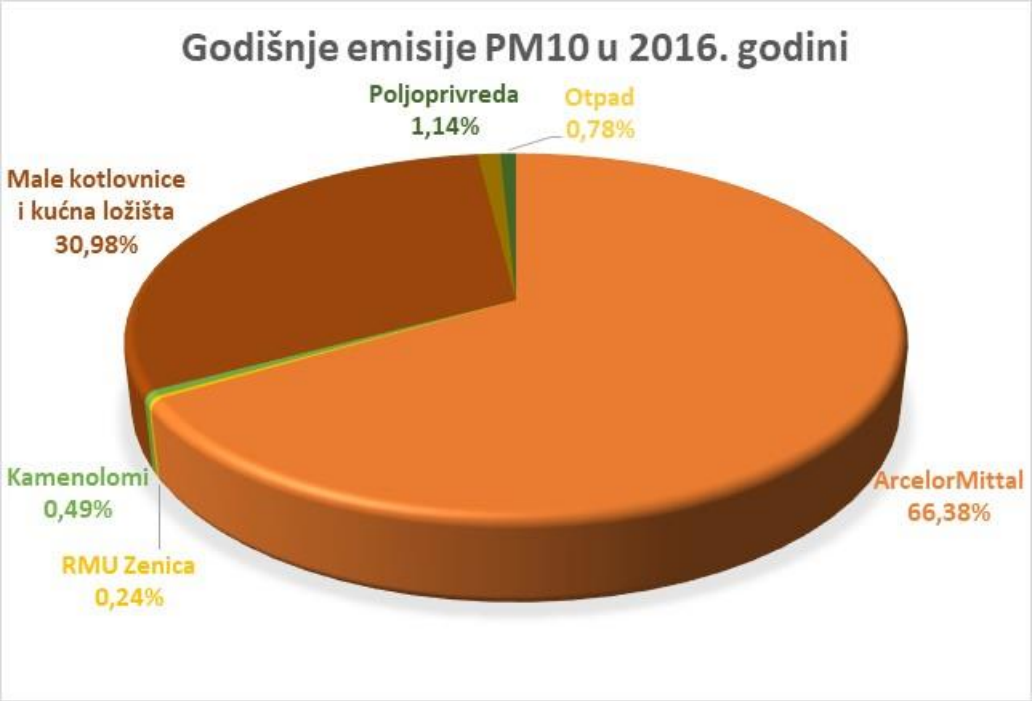
Tabela 2. Dio podataka o ukupnim godišnjim emisijama SO_2 i prašine PM10 i PM2.5 za grad Zenicu za 2016. godinu (u tonama godišnje)

Izvori emisija	SO_2	PM10	PM2.5
ArcelorMittal Zenica	4.731,00	1.665,00	1.173,00
Rudnik mrkog uglja Zenica	110,00	6,00	4,00
Kamenolomi	0,00	12,30	1,00
Male kotlovnice i kućna ložišta	2.006,00	777,00	746,00
Cestovni saobraćaj	0,00	0,03	0,02
Poljoprivreda	0,00	28,60	7,70
Prirodni izvori i šumski požari	3,10	0,00	0,00
Otpad	0,00	19,50	2,90

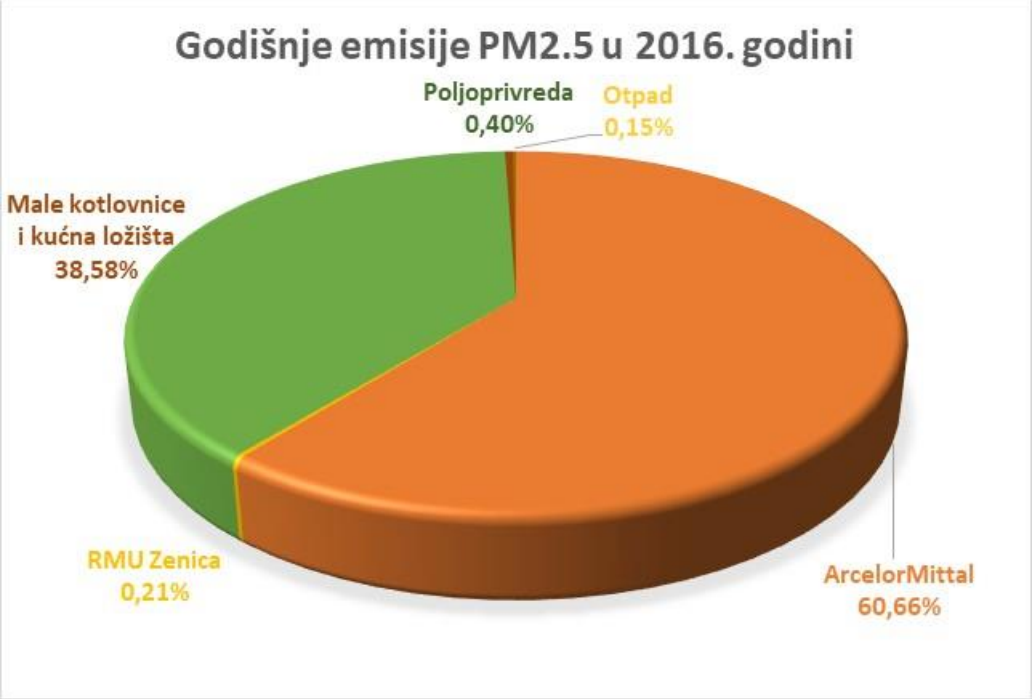
Postrojenja ArcelorMittal u prosjeku dnevno izbace 4,6 tona prašine i 13 tona sumpor dioksida.



Slika 21. Godišnje emisije SO_2 prema podacima iz Registra emisija ZDK za 2016. godinu



Slika 22. Godišnje emisije PM10 prema podacima iz Registra emisija ZDK za 2016. godinu



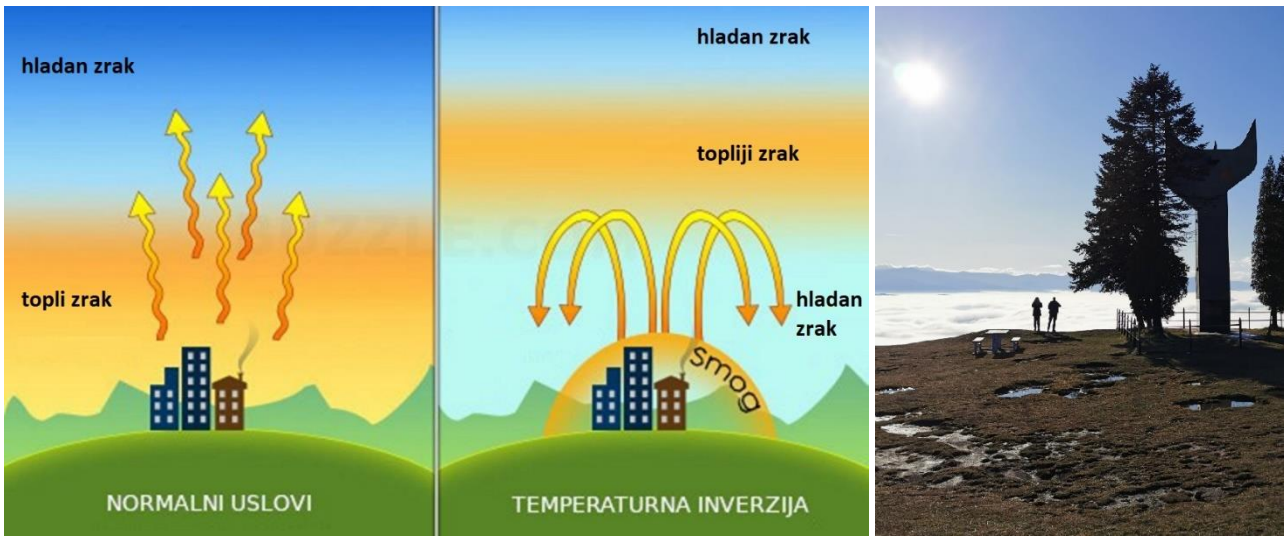
Slika 23. Godišnje emisije PM2.5 prema podacima iz Registra emisija ZDK za 2016. godinu

Prema dijagramima prikazanim na slikama 21, 22 i 23 može se vidjeti da su dominantni zagađivač zraka u Zenici metalurška postrojenja ArcelorMittal Zenica, sa prosječno 2/3 ukupnih emisija. Slijede emisije iz malih kotlovnica i kućnih ložišta, koji čine oko jedne trećine svih emisija, dok su svi ostali zagađivači znatno manji. Rudnik mrkog uglja Zenica u emisijama SO_2 učestvuje sa manje od 2%, a u emisijama prašine manje od 1%. Saobraćaj, poljoprivreda i prirodni izvori minimalno doprinose emisijama zagađujućih materija čije koncentracije u zraku prekoračuju tolerantne vrijednosti.

U poređenju s drugim gradovima u kantonu, samo Kakanj ima veće industrijske emisije SO_2 od Zenice. Zbog termoelektrane Kakanj, emisije iznose skoro 70.000 tona SO_2, što je oko 15 puta više od emisija SO_2 iz industrije i energetskih objekata u Zenici. S druge strane, emisije prašine PM10 iz industrijskih i energetskih izvora u Zenici iznose 1.684 tone, što je oko 10 puta više od emisije istih tih izvora u Kaknju.

Kad se ti podaci uporede s podacima o kvalitetu zraka, uočava se nelogičnost, jer je prosječna godišnja koncentracija SO_2 u Zenici 2016. godine na mjernom mjestu Tetovo iznosila 352 $\mu g/m^3$, a u Kaknju 92 $\mu g/m^3$. Moguće objašnjenje za takva odstupanja može se naći u visini dimnjaka termoelektrane Kakanj, koji emisije raznosi na daleko šire područje nego dimnjaci kompanije ArcelorMittal. Dimnjak termoelektrane Kakanj je visok preko 300 metara, dok su dimnjaci u ArcelorMittalu od 80 do 120 metara visine, što se nalazi ispod inverzionog sloja, tako da emisije zimi ostaju zarobljene u zeničkoj kotlini, što povećava koncentracije zagađujućih materija u zraku.

Temperaturna inverzija je meteorološki fenomen koji se javlja u kotlinama. Poznato je da se topli zrak prirodno podiže na veću visinu, a hladni zrak se spušta. Zbog meteoroloških uslova, zimi se dešava da na određenoj visini dolazi do povećanja temperature zraka, tako da hladni zrak ostane zarobljen ispod inverzionog sloja, zajedno sa svim zagađujućim materijama koje nastaju ispod sloja toplijeg zraka (slika 24).



Slika 24. Temperaturna inverzija

Slika 25. Vrste goriva za zagrijavanje u domaćinstvima u ZDK

Kućna ložišta predstavljaju ključne izvore emisija zagađujućih materija u zimskom periodu u većini lokalnih zajednica Ze-do kantona zbog dominantnog korištenja čvrstih goriva, načina loženja goriva te male visine izvora emisija kao i nepovoljnih topografskih i klimatskih uslova u hladnom periodu godine. Emisije zagađujućih materija u registru određene su na osnovu proračuna korištenjem statistički podataka o popisu stanovništva iz 2013. godine. Podaci iz popisa ukazuju da se za zagrijavanje domaćinstava najviše koristi drvo (46,8 %) i ugalj (28,0 %), sistem daljinskog grijanja zastupljen je sa 17,6 %, a preostalih 7,6 % domaćinstava koristi plin, električnu energiju ili druge energente [6].

8. Utjecaj zagađenog zraka na zdravlje

Često se u medijskim izvještajima ili u zvaničnim dokumentima iznosi tvrdnja da je "zagađen zrak odgovoran za svaki sedmi slučaj oboljenja ili smrti". Pravi uzrok oboljenja ili smrti rijetko je moguće utvrditi, jer su uzroci mnogobrojni, međusobno se isprepliću, a nekad djeluju i kombinovano. Iz tog razloga koriste se rezultati naučnih istraživanja kojima je utvrđena međusobna zavisnost, odnosno korelacija između uzroka i posljedica. Drugim riječima, kad se u nekom izvještaju kaže da je "pušenje duhana odgovorno za 75% slučajeva raka pluća", to znači da su statistički podaci pokazali da je 75% oboljelih od raka pluća konzumiralo duhan, a da su njih 25% bili nepušači. To opet ne znači da će svaki pušač oboljeti od raka pluća, ali je dokazano da su šanse da obolite veće ako ste pušač [1].

8.1. Metodologija WHO za utjecaj PM2.5 na zdravlje

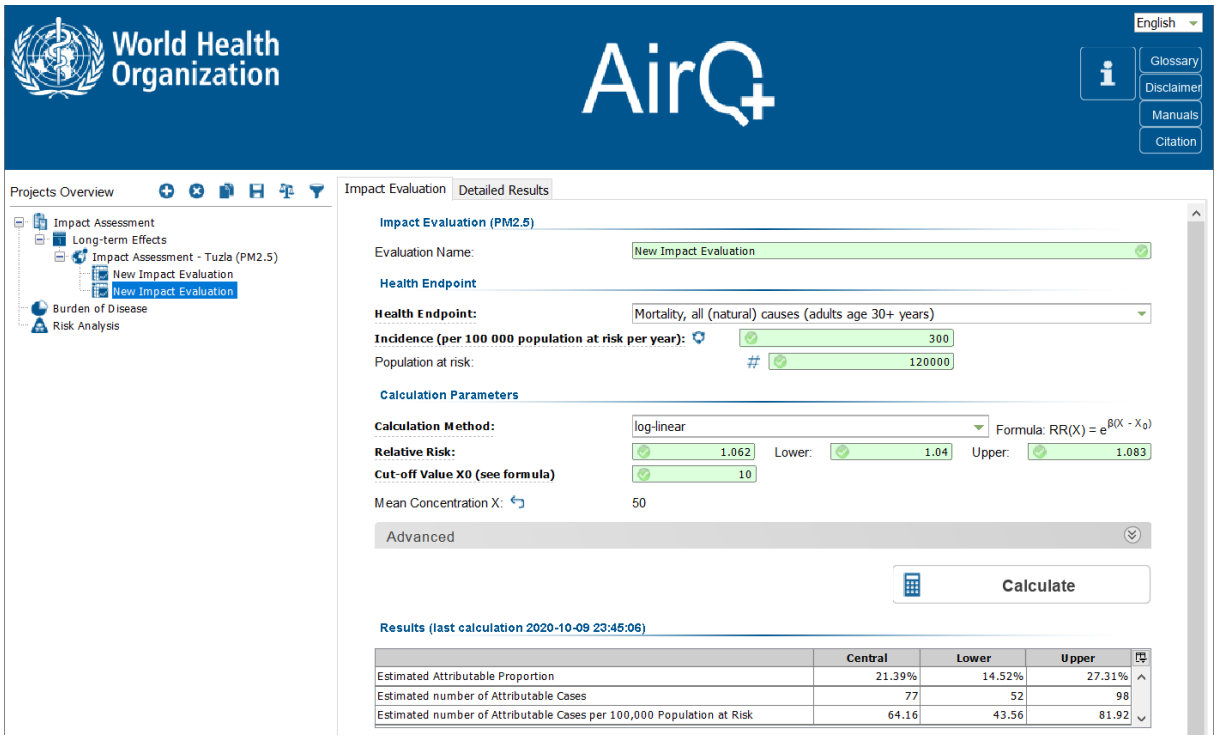
Svjetska zdravstvena organizacija (*World Health Organization – WHO*) razvila je metodologiju i napravila softver za procjenu korelacije između koncentracije zagađujućih materija u zraku i parametara morbiditeta (broja oboljelih) i mortaliteta (broja umrlih) stanovništva, uključujući procjene smanjenja očekivanog trajanja života.

Softver AirQ+ radi na principu unosa broja ugroženih stanovnika, vrijednosti određene zagađujuće materije (godišnji prosjek), te broja umrlih osoba od određenog uzroka, na osnovu čega prikazuje koliki udio ukupno umrlih od nekog uzroka može se povezati sa efektima aerozagađenja. Vrijednosti se iskazuju u rasponu (niža vrijednost - srednja vrijednost - viša vrijednost).

Softver AirQ+ koristi se za procjene efekata kratkoročnih promjena u zagađenosti zraka, kao i efekata dugotrajne izloženosti. Može se koristiti, s određenim ograničenjima, za gradove, države ili regije da procijeni koliko se određeni zdravstveni učinak može pripisati odabranim zagađivačima zraka, te kakva bi bila promjena u zdravstvenim efektima ako bi se nivo zagađenosti zraka promijenio u budućnosti, u poređenju sa trenutnim scenarijem.

Softver AirQ+ može se preuzeti sa web stranice https://www.who.int. Ovaj alat upotrebljiv je u bilo kojoj populaciji u kojoj su relativni rizici izvedeni iz epidemioloških studija. Upotrebljiv je za populacije u zapadnoj Evropi i Sjevernoj Americi, jer većina naučnih dokaza dolazi iz studija u tim regijama. Za druga geografska područja rezultate koji se dobiju primjenom ovog alata treba uzeti s određenom rezervom, jer tipične vrijednosti i međusobna zavisnost rizikofaktora nisu isti u

siromašnim zemljama, u zemljama sa značajno drukčijom klimom, manjom snabdjevenošću pitkom vodom, kvalitetom poljoprivrednog zemljišta i brojnim drugim uticajnim faktorima.



Slika 26. Primjer rezultata proračuna softverom AirQ+

Minimalni set ulaznih podataka obuhvata [8]:

- Ukupni broj stanovnika u posmatranom području
- Podaci o godišnjim koncentracijama barem jedne zagađujuće materije u zraku
- Broj umrlih/oboljelih osoba od određenog uzroka

Poželjno je da se obezbijede i:

- Starosna struktura i stope mortaliteta u posmatranom području
- Podaci o koncentracijama svih zagađujućih materija u zraku

Primjer pitanja na koje može dati odgovor AirQ+: "Koliko slučajeva prerane smrti može se pripisati godišnjoj srednjoj koncentraciji prašine PM2.5 od 15 µg/m^3 na populaciji od 350.000 ljudi, gdje je 65% stanovništva starije od 30 godina, a osnovna stopa smrtnosti je 820 na 100.000 godišnje?"

Unošenjem ulaznih podataka u softver, dobiju se rezultati koji izgledaju ovako [9]:

	Srednja vrijednost	Donja vrijednost	Gornja vrijednost
Procijenjena proporcija	7,24%	4,78%	9,49%
Procijenjeni broj slučajeva	135	89	177
Procijenjeni broj slučajeva na 100.000 stanovnika	59,40	39,23	77,79

Iz tih podataka može se izvesti zaključak da prethodno opisana situacija dovodi do procijenjenog broja od 135 prijevremenih smrtnih slučajeva u ukupnom stanovništvu. Procjenjuje se da to doprinosi sa 7,24% ukupnom broju. Srednja vrijednost su rezultati koji se temelje na relativnom riziku, a donja i gornja su rezultati intervala pouzdanosti od 95%.

Institut za zdravlje i sigurnost hrane Zeničko-dobojskog kantona koristio je ovaj softver da izvrši procjenu efekata aerozagađenja na zdravlje ljudi u Zenici [10]. Kao ulazne podatke o oboljenjima koristili su izvještaje Federalnog zavoda za statistiku, a koncentracije zagađujućih materija u zraku preuzeli su iz godišnjih izvještaja o kvalitetu zraka koje objavljuje Federalni hidrometeorološki zavod. Kako se koncentracija prašine PM2.5 ne mjeri u mjernim stanicama u Zenici, korištena je iskustvena procjena da koncentracija PM2.5 iznosi približno 60% od iste vrijednosti za PM10. Međutim, podaci iz izvještaja s mjernih stanica u Bosni i Hercegovini pokazuju da je taj procenat značajno veći i da koncentracije PM2.5 iznose preko 95% koncentracija PM10.

Analiza mortalitetnih parametara ukazala je da je udjel utjecaja PM2.5 najveći na ishemične bolesti srca (37,97%), a zatim slijede moždani udar (30,26%), karcinom pluća (20,81%), te opći mortalitet (17,66%). Ovo ukazuje da je jačina uzročne povezanosti gotovo dvostruko viša za ishemične bolesti srca u poređenju s karcinomom pluća. Analiza udjela utjecaja NO2 na opći mortalitet u Zenici je relativno mala (6,9%) u poređenju s utjecajem PM2,5 na opći mortalitet (17,66%). Očigledno se radi o prisutnim relativno nižim koncentracijama NO2 od PM2,5 u odnosu na dozvoljene [10].

8.2. Izvještaj Svjetske banke o kvalitetu zraka u BiH

U oktobru 2019. godine Svjetska banka (*World Bank*) objavila je izvještaj o upravljanju kvalitetom zraka u Bosni i Hercegovini [11]. Taj izvještaj dio je serije od tri izvještaja, za Kosovo, BiH i Sjevernu Makedoniju, a imao je za cilj da ispita osobine i intenzitet zagađenosti zraka u BiH. U izvještaju su date procjene koliko zagađen zrak utječe na zdravlje stanovništva i koliki su troškovi povezani s problemom povećane zagađenosti zraka prašinom PM2.5. U izvještaju su date i procjene koliko različiti izvori emisija prašine PM2.5 doprinose kvalitetu zraka u BiH. Analiziran je institucionalni i politički okvir za upravljanje kvalitetom zraka u BiH, uključujući i procjene koliko su druge razvojne institucije podržavale rješavanje ovog problema. Uz primjere iskustava drugih zemalja u rješavanju problema zagađenog zraka na kraju su date preporuke o tome šta bi se moglo i trebalo poduzeti kako bi se smanjila zagađenost zraka u Bosni i Hercegovini.

Stanovnici Balkana i istočne Evrope, prema ovom izvještaju, udišu više toksične prašine nego stanovnici zemalja zapadne Evrope. Osnovni uzrok je veća upotreba čvrstih goriva (ugalj i drvo) za zagrijavanje i pripremu hrane, kao i veća zastupljenost termoelektrana na ugalj za proizvodnju električne energije. Te termoelektrane se na Zapadu polako napuštaju ili su se te zemlje barem opredijelile da ih gase, dok su na Balkanu i u istočnoj Evropi i dalje u širokoj upotrebi. Od 10 termoelektrana na ugalj koje najviše zagađuju zrak u Evropi na Balkanu se nalazi njih 7.

Izloženost prašini PM2.5 posebno je opasna po ljudsko zdravlje jer te čestice prodiru duboko u pluća i krvotok, što dovodi do bolesti i smrti. Može uzrokovati ozbiljne zdravstvene posljedice kao što su infekcije donjih respiratornih organa, karcinom dušnika, bronhija i pluća, ishemičnu bolest srca,

infarkt i hroničnu opstruktivnu bolest pluća. Prerane smrti i bolesti uzrokovane zagađenim zrakom rezultiraju i povećanim troškovima za zdravlje i gubitkom produktivnosti rada. U BiH su godišnje prosječne koncentracije PM2.5 u zraku višestruko iznad maksimalno dozvoljenih nivoa prema bh. standardima kvaliteta zraka (20 µg/m^3) i vrijednosti smjernica za kvalitet zraka Svjetske zdravstvene organizacije (WHO) (10 µg/m^3).

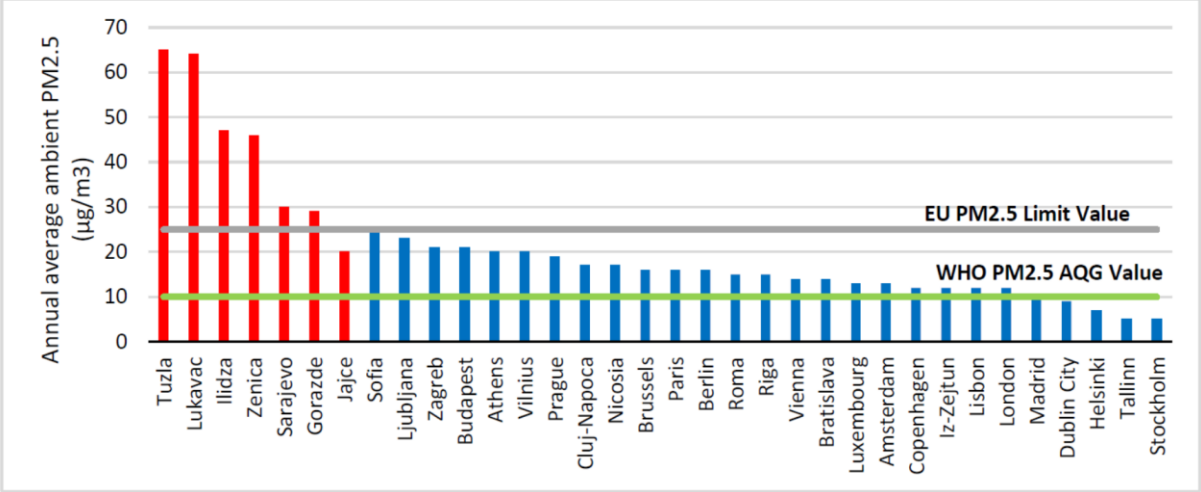
Ovaj izvještaj procjenjuje da oko 3.300 ljudi u BiH umire prerano svake godine samo kao rezultat izloženosti zraka zagađenog prašinom PM2.5. Oko 16% ovog zdravstvenog tereta nose Sarajevo i Banja Luka. Broj umrlih više je nego dvostruko veći nego u sjevernoj Makedoniji (1.600 smrtnih slučajeva) i više od četiri puta više nego na Kosovu (760 smrtnih slučajeva). Ova analiza pokazuje da se 9% ukupnog godišnjeg mortaliteta u BiH može pripisati zagađenom zraku. Oko 81% od 3.300 smrtnih slučajeva povezanih sa zagađenim zrakom u BiH je od kardiovaskularnih bolesti. Većina smrtnosti povezane sa zagađenim zrakom javlja se kod ljudi starijih od 50 godina. Oko 68% ishemične bolesti srca i 57% moždanih udara uzrokovanih zagađenim zrakom javljaju se kod ljudi starijih od 70 godina. Kardiovaskularne bolesti uglavnom pogađaju ljude starije od 65 godina, što sugerira da mjere ublažavanja radi smanjenja utjecaja zagađenja zraka na zdravlje u BiH trebaju uključivati fokus na ovu podskupinu stanovništva.

Procijenjeni ekonomski trošak povezan sa smrtnošću od izloženosti zagađenom zraku u BiH kreće se u rasponu od 1 do 1,8 milijardi američkih dolara, što je ekvivalentno 5,9% do 10,5% bruto domaćeg proizvoda (BDP) u 2016. godini. Federacija BiH snosi 67% ukupnih procijenjenih troškova, a Republika Srpska preostalih 33%. Procijenjeni trošak je konzervativan i ne uključuje troškove povezane s boravkom u bolnici, cijenom bolesti i gubitkom radnih dana, što bi potencijalno moglo povećati procjenu troškova ako bi se uzelo u obzir. Važno je napomenuti da se sve ove procjene odnose samo na prašinu PM2.5, a poznato je da je zrak u BiH zagađen i visokim koncentracijama drugih zagađujućih materija, od kojih je najprisutniji sumpor dioksid (SO_2) jer ugalj u BiH sadrži puno veći procenat sumpora nego ugalj iz drugih područja Evrope.

Da bi bolje razumjela utjecaje zagađenog zraka na zdravlje stanovništva, BiH treba ojačati zdravstvene statistike i uskladiti izvještavanje s međunarodnim sistemima klasifikacije bolesti. To bi ojačalo bazu znanja i informacija za donošenje odluka o smanjenju zagađenja zraka. Organi vlasti bi trebali ojačati zdravstveni informativni sistem širom zemlje i uskladiti ga s međunarodnom statističkom klasifikacijom bolesti i srodnih zdravstvenih problema. Trebalo bi razviti i ojačati kapacitete za provođenje procjene okolišnog zdravstvenog rizika kako bi analizirala utjecaje na zdravlje povezane sa stacionarnim izvorima emisija, na primjer, industrijskim postrojenjima.

Analiza raspodjele izvora provedena u ovom izvještaju pokazuje da je na nivou države stambeni sektor najveći izvor zagađenosti zraka prašinom PM2.5, usljed sagorijevanja čvrstih goriva u domaćinstvima. Ova studija pružila je prvu kvantitativnu raspodjelu izvora PM2.5 na nivou BiH. Ostali izvori prašine PM2.5 su energija, transport, industrija, poljoprivreda i drugi. Doprinosi određenih izvora mogu se razlikovati u zavisnosti od geografskog područja i zagađenje može biti više lokalizirano u nekim lokalnim zajednicama, pri čemu su neki izvori dominantniji od drugih. Da bi se bolje razumjela struktura izvora na lokalnom nivou, na primjer, u gradu ili urbanom području, bit će

potrebne posebne studije raspodjele izvora koje će zahtijevati sveobuhvatne i tačne popise emisija i pouzdane podatke o praćenju kvaliteta zraka. Analiza ukazuje na jasnu potrebu za izradom sveobuhvatnog i tačnog popisa emisija za BiH koji pokriva različite sektore, s posebnim akcentom na stambeni sektor. U sektoru transporta, treba se pozabaviti problemom starosti vozila i uvoza polovnih vozila kako bi se poboljšala potpunost i tačnost popisa emisija.



Slika 27. Poređenje godišnjih prosjeka koncentracija prašine PM2.5 u gradovima BiH i u Evropi [11]

Uprkos značajnim zdravstvenim utjecajima i troškovima zagađenosti zraka, sistem praćenja kvaliteta zraka u BiH usmjeren je prvenstveno na manje štetnu prašinu PM10. Nadalje, podaci praćenja imaju brojne nedostatke, posebno loš nivo potpunosti podataka praćenja kvaliteta zraka. Ovaj izvještaj je otkrio da mnoge nadzorne stanice mjere samo PM10, ali postoji potreba za praćenjem PM2.5 na svim stanicama.

Izvještaj Svjetske banke dao je neke preporuke vlastima u BiH kako da se kvalitet zraka popravi:

- Ojačati mehanizme koordinacije i saradnje između različitih nivoa vlasti
- Uspostaviti dodatne koordinacijske mehanizme za monitoring kvaliteta zraka
- Puna harmonizacija i unapređenje zakonskog okvira različitih nivoa vlasti
- Specifične kratkoročne mjere za smanjenje emisija iz pojedinih izvora: ograničiti sadržaj sumpora u tečnim gorivima, pooštriti propise za upotrebu čvrstih goriva u domaćinstvima, pojačati kontrolu velikih izvora kao što su industrija i termoelektrane, provesti poticajne mjere za nabavku motornih vozila koja manje zagađuju okolinu.
- Uvesti ekonomske mjere koje bi stimulisale čišće tehnologije a destimulisale zagađivače: takse, dozvole, porezi, naknade, akcize i sl., odnosno implementirati princip "zagađivač plaća"
- Povećati efikasnost fondova za zaštitu okoliša
- Razviti planove za kvalitet zraka na lokalnom nivou, uključujući registre zagađivača
- Ojačati kadrove u institucijama za praćenje kvaliteta zraka
- Unaprijediti inspekcijske aktivnosti i povećati kaznene odredbe, uključujući i krivičnu odgovornost

9. Planovi i mjere za smanjenje zagađenosti zraka

9.1. Kantonalni Ekološki Akcioni Plan (KEAP)

Kantonalni ekološki akcioni plan predstavlja razvojno-planski dokument koji na osnovu procjene stanja okoliša, utvrđenih okolišnih problema i definiranih akcija doprinosi unapređenju stanja okoliša područja za koji se on izrađuje [12]. Pravni osnov za izradu Kantonalnog ekološkog akcionog plana Zeničko-dobojskog kantona (KEAP ZDK) dat je članom 49. Zakona o zaštiti okoliša FBiH, kojim je propisano da su kantoni dužni donijeti akcioni plan zaštite okoliša usklađen sa Strategijom zaštite okoliša Federacije BiH (2008.-2018), uz obavezno učešće javnosti.

KEAP ZDK za period od 8 godina (2017-2025) izradio je Institut "Kemal Kapetanović" od aprila do novembra 2016. godine, po ovlaštenju Ministarstva za prostorno uređenje, promet i komunikacije i zaštitu okoline ZDK. U procesu izrade KEAP ZDK provedena je javna rasprava u kojoj su učestvovale samo dvije organizacije civilnog društva, Forum građana Zenice i Eko forum Zenica. U procesu usvajanja, Ministarstvo finansija ZDK ustanovilo je da KEAP ZDK "ne tereti dodatno budžet za 2017. godinu" i da "ne proizvodi finansijske efekte na budžet ZDK i druge budžete", iako su za realizaciju KEAP ZDK planirana velika finansijska sredstva, u ukupnom iznosu od preko 287 miliona KM. Nakon toga Vlada ZDK usvojila je taj dokument 23.2.2017. a Skupština ZDK 3.4.2017. godine. KEAP ZDK objavljen je u Službenim novinama ZDK broj 5/17 od 21.4.2017, a Odluka o donošenju KEP ZDK stupila je na snagu osmog dana od dana objavljivanja u Službenim novinama ZDK, odnosno 29.4.2017. godine.

Slika 28. Broj mjera planiranih u KEAP ZDK po oblastima zaštite okoliša

KEAP ZDK sadrži ukupno 269 mjera raspoređenih u 10 oblasti, čijom realizacijom bi se trebalo postići 26 strateških i 65 operativnih ciljeva. Od toga su 24 mjere predviđene za oblast zaštite zraka. Za realizaciju mjera iz KEAP ZDK planirano je da se tokom 8 godina utroši ukupno 287.737.000 KM, ne računajući sredstva za koja nisu navedeni iznosi, odnosno za koja je navedeno da će iznos biti naknadno utvrđen ("u skladu s raspoloživim budžetom" ili "prema posebnom predračunu").

Nakon što je Eko forum izradio Alternativni izvještaj o realizaciji Kantonalnog ekološkog akcionog plana Zeničko-dobojskog kantona (KEAP ZDK) 2017-2025 za period april 2017 – april 2020 [13], u decembru 2021. godine Vlada ZDK imenovala je radno tijelo za praćenje realizacije KEAP-a u koje je uključeno i civilno društvo. Proces izrade izvještaja o realizaciji KEAP-a do novembra 2022. još uvijek nije okončan.

9.2. Akcioni plan zaštite kvalitete zraka za područje ZDK

Vlada Zeničko-dobojskog kantona, na 53. sjednici održanoj 30.4.2020. godine donijela je “Akcioni plan zaštite kvaliteta zraka za područje Zeničko-dobojskog kantona” [14]. U procesu donošenja ovog dokumenta nije bila uključena javnost, nije bilo javnih rasprava, a donesen je sa zakašnjenjem od 15 godina. Prema procjenama Svjetske zdravstvene organizacije, u ZDK samo od posljedica zagađenja godišnje umre oko 800 ljudi. Da je ovaj plan bio usvojen i da se primjenjivao kako je bilo planirano, prije 15 godina, mogli smo spasiti 12 hiljada života.

U područjima FBiH u kojima su nivoi zagađenja zraka viši od graničnih vrijednosti Zakon o zaštiti zraka iz 2003. godine propisao je da Kanton u roku od dvije godine treba donijeti “Kantonalni akcioni plan zaštite kvaliteta zraka”. To znači da smo ovaj plan trebali imati još 2005. godine.

Plan predviđa 40 mjera, koje bi se realizovale do 2030. godine. Za realizaciju 9 mjera je potrebno obezbijediti 3 miliona KM, 8 mjera ne iziskuju nikakve troškove, a za čak 23 mjere nema procjene troškova nego će se raditi “prema posebnim predračunima”. Godišnji budžet ZDK za zaštitu okoliša je 4 do 5 miliona KM, pa se može očekivati da se ovi “posebni predračuni” prilagođavaju potrebama politike, a ne stvarnim potrebama za očuvanje zdravlja ljudi i zaštitu okoline.

U analizi Instituta "Kemal Kapetanović" navodi se da su lokalne zajednice najviše sredstava (2,9 miliona KM) uložila na utopljavanje javnih objekata (administrativne zgrade, škole, ambulante, sportske dvorane i sl.) i zamjenu peći na čvrsta goriva, dok je najmanje utrošeno na proširenje i rekonstrukciju mreže daljinskog grijanja (117.000 KM). Na izgradnju i rekonstrukciju javne rasvjete uloženo je cca. 545.052 KM, dok je na izgradnju fotonaponskih elektrana uloženo cca 250.000 KM. Zbog nedostatka informacija nije bilo moguće procjeniti efekte smanjenja emisija u zrak provođenjm navedenih projekata u smislu koliko je smanjena emisija SO_2 i prašine u zrak provođenjem projekata proširenja mreže daljinskog grijanja, koliko manje emisije u zrak usljed smanjenja potrošnje električne energije i sl. Nisu dostavljeni nikakvi podaci o projektima smanjenja emisije iz sektora saobraćaja. Prema tom izvještaju, ArcelorMittal Zenica gašenjem stare toplane 2021. godine smanjio emisiju SO_2 u zrak za oko 3.500 tona godišnje, odnosno za 74%. Kako se to odrazilo na koncentracije SO_2 u zraku znaće se tek polovinom 2023. kad bude objavljen izvještaj o kvalitetu zraka u FBiH za 2022. godinu.

9.3. Planovi interventnih mjera u slučajevima prekomjerne zagađenosti zraka

Zakon o zaštiti zraka FBiH [16] propisuje da kanton donosi Interventni plan kada postoji rizik prekoračenja praga upozorenja. U planu se navode mjere za smanjenje rizika od prekoračenja i ograničenje trajanja takvih pojava. Te mjere obuhvataju mjere kontrole i obustava aktivnosti koje doprinose prekoračenju pragova upozorenja. Kad se prekorače utvrđeni pragovi uzbune, kantoni bi trebali preduzimati neophodne korake obavještavanja javnosti.

Pragove upozorenja definiše federalni Pravilnik [2]. Prema tom pravilniku, prag uzbune je nivo iznad kojeg postoji rizik po ljudsko zdravlje prilikom kratkog izlaganja i na kojem će biti preduzeti direktni koraci. Prag upozorenja je nivo iznad koga postoji rizik po ljudsko zdravlje usljed kratkog izlaganja za izuzetno osjetljive dijelove stanovništva i o kome je potrebno dati najnovije informacije.

Pragovi uzbune definisani su za satne prosjeke za SO_2, NO_2 i O_3. Koncentracije moraju biti prekoračene u najmanje tri uzastopna sata na lokacijama reprezentativnim za kvalitet zraka na području čija površina nije manja od 100 km^2, ili u zonama ili aglomeracijama, ako je njihova površina manja.

Kantonalni plan interventnih mjera [17] propisuje tri vrste epizoda povećanih koncentracija zagađujućih materija u zraku: pripravnost, upozorenje i uzbuna. Pripravnost se proglašava u uslovima slabog vjetra i pojačane prizemne temperaturne inverzije koja bi se mogla zadržati u narednih 48 sati, te ako izmjerene koncentracije zagađujućih materija prelaze granične vrijednosti za SO_2, NO_2, PM10, CO i O_3 prikazane u tabeli 3.

Tabela 3. Granične vrijednosti kvaliteta zraka [17]

Zagađujuća materija	Period uzorkovanja	Granična vrijednost (µg/m^3)
SO_2	1 sat	350
SO_2	24 sata	125
NO_2	1 sat	200
NO_2	24 sata	85
PM10	24 sata	50
CO	8 sati	10.000
O_3	8 sati	120

Upozorenje se proglašava kada se na svim mjernim mjestima utvrde pragovi upozorenja čije su vrijednosti SO_2 (400 µg/m^3), NO_2 (320 µg/m^3) i ozon (180 µg/m^3), a pri tome se u narednih 24 sata očekuje nastavak stabilne vremenske situacije koja pogoduje nakupljanju zagađujućih materija u zraku.

Uzbuna se proglašava kada su izmjerene koncentracije na svim mjernim mjestima veće ili jednake pragovima uzbune za bilo koju zagađujuću materiju u zraku: SO_2 (500 µg/m^3), NO_2 (400 µg/m^3) ili ozon (240 µg/m^3) i kada se u narednih 48 sati očekuje stabilna vremenska situacija.

Za primjenu plana zadužen je operativni štab grada, kojeg svojom odlukom imenuje gradonačelnik.

Operativni plan interventnih mjera Grada Zenica [18] ima nešto strožije kriterije za proglašenje epizoda. Upozorenje se proglašava kada se na svim mjernim mjestima utvrde pragovi upozorenja čije su vrijednosti SO_2 (350 µg/m^3), NO_2 (200 µg/m^3) i ozon (180 µg/m^3), a pri tome se u narednih 24 sata očekuje nastavak stabilne vremenske situacije koja pogoduje nakupljanju zagađujućih materija u zraku. Pragovi uzbune su isti kao u kantonalnom planu.

Ako se proglasi epizoda pripravnosti, provode se mjere kao što je preporuke za smanjenje kretanja rizičnim grupama, apeli vozačima, preporuke zamjene i smanjenja potrošnje goriva.

U epizodi upozorenja, mjere obuhvataju dodatna mjerenja kvaliteta zraka, povećanje kapaciteta javnog prevoza, zabrana kretanja vozila bez katalizatora, ograničenje korištenja čvrstih goriva i zamjena goriva (drvo ili plin umjesto uglja).

U epizodi uzbune, pored svih mjera iz epizode upozorenja, uvodi se sistem par-nepar za vozila, te ograničenje ili zabrana rada nekih kotlovnica i industrijskih postrojenja.

Predsjednik operativnog štaba za provođenje mjera je gradonačelnik. Gradska služba za ekologiju nadležna je za informisanje građana, Univerzitet u Zenici (Institut "Kemal Kapetanović") zadužen je za dostavljanje informacija o kvalitetu zraka, a za provođenje mjera zaduženi su operativni centar službe civilne zaštite, policijska uprava, nadležni inspektori za zaštitu okoliša, te kantonalni zavod za javno zdravstvo.

Literatura

1. Lemeš S., Stojančić Dž., Dizdarević Z. (2020) Detaljan pregled zakona, propisa, pravilnika i planova o kvalitetu zraka u FBiH/TK, Centar za ekologiju i energiju Tuzla
2. Pravilnik o načinu vršenja monitoringa kvaliteta zraka i definiranju vrsta zagađujućih vrsta zagađujućih materija, graničnih vrijednosti i drugih standarda kvaliteta zraka (Sl. novine FBiH 1/12)
3. Federalni hidrometeorološki zavod (2019) Metodologija izrade indeksa kvaliteta zraka, http://www.fhmzbih.gov.ba/latinica/ZRAK/AQI-metodologija.php
4. Federalni hidroemetorološki zavod (2022) Izvještaji, http://www.fhmzbih.gov.ba/latinica/ZRAK/izvjestaji.php
5. Hadžalić M. (2022) Izvještaj o mjerenju policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH) i volatilnih organskih supstanci (VOC) oko koksare u ArcelorMittal Zenica, Institut "Kemal Kapetanović" Zenica
6. Hadžalić M. (2022) Informacija o postignutim efektima ciljeva i mjera za poboljšanje i zaštitu kvaliteta zraka po sektorima i lokalnim zajednicama na području Zeničko-dobojskog kantona, Institut "Kemal Kapetanović" Zenica
7. Registar o postrojenjima i zagađivanjima ZDK, https://ikk.unze.ba

8. WHO (2018) AirQ+: software tool for health risk assessment of air pollution, https://www.who.int/europe/tools-and-toolkits/airq---software-tool-for-health-risk-assessment-of-air-pollution
9. Brenk I. (2018) The use of Health Impact Assessment tools in European Cities. Master project Toxicology and Environmental Health, Utrecht University https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/the_use_of_health_impact_assessment_tools_in_european_cities.pdf
10. Hrabač B., Huseinagić S., Alić N. (2019) Procjena efekata aerozagađenja na zdravlje ljudi u Zenici. Institut za zdravlje I sigurnost hrane Zenica. https://inz.ba/wp-content/uploads/2019/04/PROCJENA-EFEKATA-ZAGA%C4%90ENJA-NA-ZDRAVLJE-LJUDI-U-ZENICI.pdf
11. World Bank (2019) Western Balkans Report – Air Quality Monitoring in Bosnia and Herzegovina. Report No: AUS0001227. © World Bank. http://documents1.worldbank.org/curated/en/117281576515111584/pdf/Air-Quality-Management-in-Bosnia-and-Herzegovina.pdf
12. Kantonalni Ekološki Akcioni Plan ZDK 2017-2025 (Službene novine ZDK 5/17)
13. Lemeš S. i dr. (2020) Alternativni izvještaj o realizaciji Kantonalnog ekološkog akcionog plana Zeničko-dobojskog kantona (KEAP ZDK) 2017-2025 za period april 2017 – april 2020, Eko forum Zenica
14. Akcioni plan zaštite kvalitete zraka za područje ZDK (februar 2020)
15. Hadžalić M. (2022) Informacija o postignutim efektima ciljeva i mjera za poboljšanje i zaštitu kvaliteta zraka po sektorima i lokalnim zajednicama na području Zeničko-dobojskog kantona, Institut "Kemal Kapetanović" Zenica
16. Zakon o zaštiti zraka FBiH (Sl. novine FBiH 33/03, 4/10)
17. Plan interventnih mjera u slučajevima prekomjerne zagađenosti zraka na području Zeničko – dobojskog kantona (Službene novine ZDK 1/13)
18. Operativni plan interventnih mjera Grada Zenica za djelovanje u slučajevima prekomjerne zagađenosti zraka na području Grada Zenica (januar 2019), https://www.zenica.ba/fileadmin/user_upload/Sluzba_za_komunalne_poslove/PDF/Operativni_plan_interventnih_mjera_Grada_Zenica_2019.pdf