

KVALITET ZRAKA U TUZLI

Senad Gutić, Semir Ahmetbegović i Željka Stjepić Srkalović

Univerzitet u Tuzli, Prirodno-matematički fakultet, Odsjek za geografiju

Univerzitetska 4, Tuzla, Bosna i Hercegovina

senad.gutic@hotmail.com

semir.ahmetbegovic@untz.ba

zeljka.s.srkalovic@gmail.com

Grad Tuzla, kao i većina drugih bosanskohercegovačkih gradova, naročito u zimskom periodu ima narušen kvalitet zraka, a najveći zagađivači su individualna ložišta, saobraćaj, industrija i energetika. S obzirom da je grad Tuzla smješten u kotlini, u periodima nepovoljnih klimatskih uslova, ovo područje je prirodno predisponirano aerozagađenju. U ovom radu izvršena je analiza i ocjena kvaliteta zraka u Tuzli na bazi preuzetih podataka o prosječnim godišnjim i mjesečnim vrijednostima imisijskih koncentracija polutanata, sa automatskih stacionarnih mjernih stanica za praćenje kvaliteta zraka, u periodu 2004-2013. godina. Također, izvršena je analiza stanja kvaliteta zraka u urbanom sistemu Tuzle iz 1991. godine kako bi se utvrdili trendovi koncentracije polutanata i izvršila komparacija istih podataka između dva navedena perioda.

Ključne riječi: *kvalitet zraka, aerozagađenje, temperaturne inverzije, polutanti, Tuzla.*

AIR QUALITY IN TUZLA

Senad Gutić, Semir Ahmetbegović and Željka Stjepić Srkalović

University of Tuzla, Faculty of Sciences and Mathematics, Department of Geography

Univerzitetska 4, Tuzla, Bosnia and Herzegovina

City of Tuzla, among the other cities in Bosnia and Herzegovina as well, records degradation in air quality, especially during winter months. The largest air pollutants are exhaust fumes from furnaces, cars and industries. Considering that Tuzla is located in a valley, in periods of unfavorable climate conditions, this area is naturally predisposed to air pollution. In this paper, an analysis and assessment of air quality in Tuzla was made, based on data of the average annual and monthly values of concentration of pollutants emission with automated stationary stations for monitoring of air quality in the period of 2004-2013. Also, the analysis of the air quality state of the Tuzla urban system in 1991 in order to identify certain trends or concentration of the certain pollutants and made a comparison among those periods.

Key words: *air quality, air pollution, temperature inversions, air pollutants, Tuzla.*

UVOD

INTRODUCTION

S porastom proizvodnje i potrošnje energije, privrednim oporavkom, sve većim brojem automobila na cestama te većim brojem domaćinstava i poslovnih objekata kojima treba grijanje i električna energija, povećava se štetni uticaj na životnu sredinu. Na području grada Tuzla, pored niza geokoloških problema, od kojih se posebno ističu: degradacija poljoprivrednog zemljišta, zagađenost voda, brojna klizišta, izraženo je i aerozagađenje.

Iako se radi o veoma aktuelnoj temi, do danas je objavljeno malo naučnih radova koji precizno govore o kvalitetu zraka u Tuzli. Istraživanjem kvaliteta zraka na području Tuzle, čiji su rezultati, kao osnova korišteni u ovom radu, bavio se S. Begić (1997, 2000). Danas, veoma vrijedne i značajne podatke o opterećenosti zraka polutantima objavljuje Ministarstvo prostornog uređenja i zaštite okolice Tuzlanskog kantona u svojim dnevnim, mjesečnim i godišnjim izvještajima o kvalitetu zraka. Također, određene podatke o ovoj problematici možemo pronaći u mnogobrojnim dokumentima Centra za ekologiju i energiju Tuzla, kao i u Lokalnom ekološkom akcionom planu zaštite okoline (LEAP) za općinu Tuzlu. Zadnja istraživanja o stanju kvaliteta zraka i uticaju energetike na isti izvršio je S. Gutić, koautor ovog rada, za potrebe izrade magistarskog rada o temi "Geokološki aspekti upravljanja procesom proizvodnje u TE "Tuzla" u funkciji poboljšanja kvaliteta zraka". Za potrebe navedenog istraživanja formirana je baza podataka sa prosječnim, maksimalnim i minimalnim mjesečnim i godišnjim imisijskim vrijednostima polutanata te dnevnim, mjesečnim i godišnjim vrijednostima bitnih meteoroloških elemenata (temperatura zraka, padavine, oblačnost, relativna vlažnost i strujanje zraka). Baza sadrži sve sačuvane i objavljene podatke do 1992. godine te monitoring kvaliteta zraka za period 2004-2014. god.

Predmet istraživanja je analiza i ocjena kvaliteta zraka u gradskom području Tuzle koja je izvršena usporedbom stanja iz 1991. godine sa godišnjim vrijednostima iz perioda 2004-2013. god. Zadatak istraživanja je uvrđivanje nivoa zagađenosti zraka po pojedinim polutantima te njihovo upoređivanje sa dozvoljenim koncentracijama i graničnim vrijednostima. Činjenica je da stanje kvaliteta zraka u Tuzli nije na zadovoljavajućem nivou, ali prekoračenje graničnih vrijednosti, za većinu polutanata, karakteristično je samo za zimski period, pa se ovim istraživanjem nastoji registrovati zagađivače te dati preporuke i predložiti mjere, koje bi dovele do poboljšanja kvaliteta. Pošlo se od pretpostavke da se poboljšava stanje kvaliteta zraka u Tuzli, odnosno da kvalitet zraka samo u zimskom periodu nije na zadovoljavajućem nivou i da je postojeće stanje, pored izraženog antropopresinga, uslovljeno i fizičkogeografskim karakteristikama prostora. S obzirom na kompleksnost predmeta istraživanja primijenjeno je više naučnih metoda. Statistička metoda je korištena kod obrade podataka dobivenih uspostavljenim monitoringom praćenja kvaliteta zraka u Tuzli. Komparativna metoda se koristila prilikom uspoređivanja podataka kvaliteta zraka izmjenjenim na mjernim stanicama, kod usporedbe podataka stanja ranijeg perioda i novih vrijednosti te usporedbe vrijednosti sa zakonskim okvirom. Izvršene su i terenske opservacije, a veliki broj informacija je dobiven metodom neposrednog posmatranja. Pored navedenih korištene su i druge naučne metode kao što su: analitička, deduktivna, induktivna, deskriptivna, empirijska i dr., što je zavisilo od samog toka istraživanja.

STANJE KVALITETA ZRAKA U TUZLI THE STATE OF AIR QUALITY IN TUZLA

Područje grada Tuzla, smješteno je u slivu Jale, u regiji Sjeverne Bosne, tačnije u subregiji Sprečko-majevičkog kraja sa Semberijom, na sjeveroistoku Bosne i Hercegovine (Ahmetbegović, S., Stjepić Srkalović, Ž., Gutić, S. 2015). U geomorfološkom pogledu, gradsko područje Tuzle smješteno je u reljefnoj zavali (kotlini), izduženoj pravcem zapad-istok. Južnomajevičko pobrđe, koje se neotektonski izdiže na rubovima kotline, ograničava ovo područje sa sjeverne, istočne i južne strane, dok se na zapadu Tuzlanska kotlina otvara prema sprečanskoj tektonskoj depresiji. Kontaktni položaj Tuzlanske kotline, između Panonske nizije na sjeveru i Dinarskog planinskog sistema na jugu, zajedno sa drugim klimatskim modifikatorima, je uticao na klimatska obilježja ovog područja.

Geografski položaj Tuzle, zajedno sa vremenskim uvjetima i morfološkim odlikama, su značajni faktori kvaliteta zraka. Sadržaj polutanata u zraku pripada instrumentalnom monitoringu, pod kojim se podrazumijeva mjerenje i praćenje sadržaja škodljivih aeropri-mjesa (Spahić, M. 2016). Lokacije stanica mreže monitoringa je neophodno odabrati tako da one obezbijede kvalitetne i reprezentativne podatke o kvalitetu zraka odabranog područja. To zavisi od nekoliko faktora kao što su: emiter polutanta, tip i količina polutanata koji se emituju, fizičkogeografske karakteristike prostora, namjene monitoringa itd. Izbor polutanta koji će se pratiti mrežom monitoringa isključivo zavisi od emitera polutanta, odnosno koncentracije onih polutanata koji se u najvećem obimu emituju i imaju, direktno ili indirektno, uticaj na biosferu i zdravlje ljudi (Đuković, J., Bojanić, V. 2000).

Analiza i ocjena kvaliteta zraka na području Tuzle, izvršena je poređenjem dostupnih podataka stanja kvaliteta zraka tokom 1991. godine sa stanjem kvaliteta zraka u periodu 2004-2013. godina.

Stanje kvaliteta zraka u Tuzli 1991. godine The state of air quality in Tuzla 1991.

Period do 1992. godine se može ocijeniti kao period najintenzivnijeg zagađenja zraka u Tuzli, prije svega što su industrijski kapaciteti, posebno u zapadnom dijelu grada, radili punom instalisanom snagom. To se odnosi i na TE "Tuzla", po mnogima najvećeg zagađivača Tuzle, sjeveroistočne Bosne pa i šire, koja je do izbivanja rata (1992-1995) radila sa svim instalisanim blokovima, ukupne snage 779 MW, te je u velikoj mjeri vršila pritisak na atmosferu ovog područja. Također, veliki dio grada još uvijek nije bio priključen na sistem daljinskog grijanja, tako da je postojao veći broj individualnih ložišta što je dodatno uslovalo povećanu vrijednost polutanata i njihovo nagomilavanje u donjim slojevima troposfere.

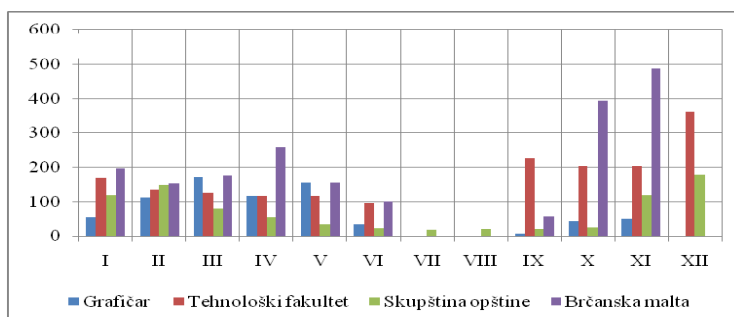
Tim za ekologiju Tehnološkog fakulteta u Tuzli je 1991. godine pratio kvalitet zraka na nekoliko lokacija u gradu. Ovo su, na žalost, jedini dostupni podaci o kvalitetu zraka u Tuzli u prijeratnom periodu i odnosili su se na koncentracije sumpor dioksida (SO_2), dima ili čađi, amonijaka (NH_3), azotnih oksida (NO_x), sumporvodonika (H_2S), lebdećih čestica, hlora (Cl_2) i taložnih materija. Lokacije mjernih stanica su odabrane u skladu sa tadašnjom metodologijom i preporukom Svjetske zdravstvene organizacije WHO (Begić, S. 1997), a ukupno je bilo postavljeno četiri mjerne stanice. Za potrebe ovog rada analizirane su prosječne mjesečne i godišnje koncentracije sumpor dioksida, azotnih oksida i dima po mjernim stanicama na lokacijama kod nekadašnjeg Grafičara i Skupštine opštine te kod Tehnološkog fakulteta i u naselju Brčanska Malta.

U tabeli 1 prezentirane su prosječne mjesečne vrijednosti SO₂ u Tuzli 1991. godine. Prema rezultatima mjerenja, prikazanim u tabeli 1 i grafikonu 1, možemo konstatovati da su prosječne godišnje koncentracije SO₂, posebno na mjernim stanicama br. 2 i 4, bile jako visoke i prelazile su tadašnje dozvoljene vrijednosti od 110 µg/m³.

Tabela 1: Prosječne mjesečne koncentracije sumpor dioksida (SO₂) u Tuzli 1991. godine (µg/m³)
Table 1: Average monthly sulfur dioxide (SO₂) concentrations in Tuzla 1991. (µg/m³)

Mjesec	MS-1 Gračar	MS-2 Tehnološki fakultet	MS-3 Skupština opštine	MS-4 Brčanska malta
I	55,3	170,6	118,9	197,3
II	112,7	135,3	148,4	153,7
III	172,9	125,9	79,1	176,2
IV	116,4	117,3	56,0	259,2
V	156,4	116,7	34,3	156,2
VI	35,3	96,8	23,3	100,0
VII	-	-	18,5	-
VIII	-	-	20,5	-
IX	7,2	227,6	21,1	58,2
X	42,4	203,2	25,8	393,0
XI	49,6	203,1	120,0	488,0
XII	-	362,1	178,7	-
God. prosjek	83,1	175,8	70,4	220,2

Izvor podataka: Begić, S. (1997), str. 8.



Sl. 1: Prosječne mjesečne koncentracije sumpor dioksida (SO₂) u Tuzli 1991. godine (µg/m³)
Fig. 1: Average monthly sulfur dioxide (SO₂) concentrations in Tuzla 1991. (µg/m³)

Posebno se zapaža visok sadržaj ovog polutanta u hladnijem periodu godine, kada je sezona loženja. Prosječne mjesečne vrijednosti SO₂ u ovim mjesecima su za nekoliko puta veće od dozvoljenih normi. Maksimalna prosječna mjesečna vrijednost je zabilježena u novembru na mjernoj stanici br. 4 (488 µg/m³), što uz spomenutu visoku srednju godišnju vrijednost (220,2 µg/m³) ukazuje da je ovaj dio grada tada imao izrazito zagađen zrak. Ništa bolje stanje nije bilo na mjernoj stanici br. 2, gdje je u decembru evidentirana koncentracija SO₂ od 362,1 µg/m³.

U tabeli 2 su prikazani rezultati prosječnih mjesečnih koncentracija NO_x u 1991. god. po mjernim stanicama. Iako nisu dostupni podaci za juli, august i septembar, možemo pretpostaviti da su na mjernom mjestu br. 1 "Gračar" koncentracije NO_x u zimskim i ljetnim mjesecima bile na sličnom nivou.

Tabela 2: Prosječne mjesečne koncentracije azotnih oksida (NO_x) u Tuzli 1991. godine (µg/m³)
Table 2: Average monthly nitrogen oxide (NO_x) concentrations in Tuzla 1991. (µg/m³)

Mjesec	MS-1 Grafičar	MS-2 Tehnološki fakultet	MS-4 Brčanska malta
I	25,6	111,9	35,8
II	35,4	136,6	59,0
III	33,0	72,8	103,5
IV	28,2	73,3	80,9
V	20,7	51,7	89,7
VI	31,0	23,4	-
VII	-	23,0	-
VIII	-	23,9	-
IX	-	30,2	-
X	28,4	38,2	43,7
XI	28,6	100,8	49,2
XII	30,5	113,4	-
God. prosjek	29,0	66,6	65,9

Izvor podataka: Begić, S. (1997), str. 8.

Na mjernom mjestu br. 2 vrijednosti ovog polutanta su bile povišene u zimskim mjesecima. Najveće prosječne koncentracije su zabilježene u februaru (136,6 µg/m³), decembru (113,4 µg/m³) i januaru (111,9 µg/m³). Na MS-2 prosječne vrijednosti NO_x tokom zime (decembar-januar-februar) iznosile su 120,6 µg/m³, jeseni (septembar-oktobar-novembar) 56,4 µg/m³, proljeća (mart-april-maj) 65,9 µg/m³ i ljeta (juni-juli-avgust) 23,4 µg/m³. Na MS-4 nisu dostupni podaci za ukupno pet mjeseci što čini preko 40% podataka. Ipak, možemo zaključiti da su na ovom mjernom mjestu tokom 1991. god. koncentracije NO_x bile povišene u proljetnim mjesecima, sa najvećom prosječnom vrijednošću u martu od 103,5 µg/m³. Sadržaj oksida azota u zraku područja Tuzle, tokom 1991. godine, je bio takav da je pripadao drugoj kategoriji kvaliteta zraka.

Tabela 3: Prosječne mjesečne koncentracije dima (čadi) u Tuzli 1991. godine (µg/m³)
Table 3: Average monthly concentrations of smoke (soot) in Tuzla 1991. (µg/m³)

Mjesec	MS-1 Grafičar	MS-2 Tehnološki fakultet	MS-4 Brčanska malta
I	40,9	62,1	77,1
II	39,6	81,1	72,2
III	23,2	64,1	42,8
IV	8,7	51,5	42,7
V	13,4	13,7	30,9
VI	12,9	7,3	25,1
VII	-	-	-
VIII	-	-	-
IX	24,2	1,7	16,5
X	19,0	54,1	80,2
XI	143,0	139,4	50,5
XII	-	149,4	-
God. prosjek	36,1	62,4	48,6

Izvor podataka: Begić, S. (1997), str. 8.

Sadržaj dima u Tuzli je 1991. godine imao, slično sadržaju SO₂, pravilan godišnji hod nivoa koncentracija, odnosno bio je visok u toku zimskog perioda, a nizak u ljetnim

mjesecima. Mikročestice čađi dospijevaju u zrak iz automobilskih motora i ložišta gdje se vrši sagorijevanje nafte, njenih derivata i uglja. Prosječna godišnja koncentracija je bila najviša na MS-2 i prelazila je vrijednost od $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mjesečne vrijednosti dima su prelazile $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na MS-2 u novembru ($139,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) i decembru ($149,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), te na MS-1 u novembru ($143,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

U ratnom periodu (1992-1995) dolazi do drastičnog smanjenja industrijskog zagađenja zbog zastoja ili djelimičnog angažovanja industrijskih kapaciteta. U istom periodu TE "Tuzla" je radila sa kapacitetom do 20%. Tada su u pogonu bili blokovi manje instalisane snage (blok 1, 2 i 3), a postrojenja blokova 4, 5 i 6 bila su privremeno konzervirana i nisu radila. Iako za ovaj period ne postoje podaci o kvalitetu zraka, iz prethodno navedenih razloga, može se pretpostaviti da je stanje životne sredine u pogledu industrijskog zagađenja bilo značajno povoljnije u odnosu na utvrđeno stanje iz 1991. godine.

Stanje kvaliteta zraka u Tuzli u periodu 2004-2013. godine The state of air quality in Tuzla in period of 2004-2013.

U periodu postratne obnove i izgradnje ponovo dolazi do opterećenosti zraka polutanima. Kontinuirano praćenje kvaliteta zraka, koje je u nadležnosti Ministarstva prostornog uređenja i zaštite okolice Tuzlanskog kantona, započeto je 2003. godine instaliranjem stacionarnih imisionih mjernih stanica na pet lokacija, i to: MS-1 "Skver", MS-2 "BKC", MS-3 "Bukinje", MS-4 "Bektići" i MS-5 "Cerik". Na ovim mjernim stanicama se prate vrijednosti sumpor dioksida (SO_2), azot dioksida (NO_2), ugljen monoksida (CO), ozona (O_3) i taložne prašine ($\text{PM}_{2,5}$), a također se na nekim stanicama vrše mjerenja osnovnih meteoroloških elemenata, i to: temperature zraka, brzine i pravca vjetera, zračnog pritiska, sunčevog zračenja i količine padavina.

Tabela 4: Matematičko-geografski položaj mjernih stanica za praćenje kvaliteta zraka u općini Tuzla
Table 4: Mathematical-geographical location of air quality measurement stations in Tuzla municipality

Mjerna stanica	Geografska širina	Geografska dužina	Nadmorska visina (u metrima)	Geografski položaj u odnosu na TE "Tuzla"
Skver	44°30'23" N	18°36'16" E	234	7 km istočno
BKC	44°31'55" N	18°39'17" E	232	2,5 km istočno
Bukinje	44°31'25" N	18°36'01" E	216	300 m sjeverno
Bektići	44°31'20" N	18°34'51" E	259	2,5 km zapadno
Cerik	44°30'23" N	18°36'16" E	286	2,2 km južno

Izvor podataka: Ministarstvo za prostorno uređenje i zaštitu okolice TK, 2014.; Samostalni proračuni

Bitno je napomenuti da za određene godine i mjerne stanice nisu dostupni podaci zbog servisiranja opreme, prekida u komunikaciji između mjernih stanica i centra te drugih razloga. To se posebno odnosi na 2007. godinu za koju uopšte ne postoje podaci monitoringa. Može se smatrati da je program praćenja adekvatno uravnotežen ako svaki kalendarski kvartal sadrži ne manje od 20% ukupnog broja posmatranja koja se izvrše u toku godine.

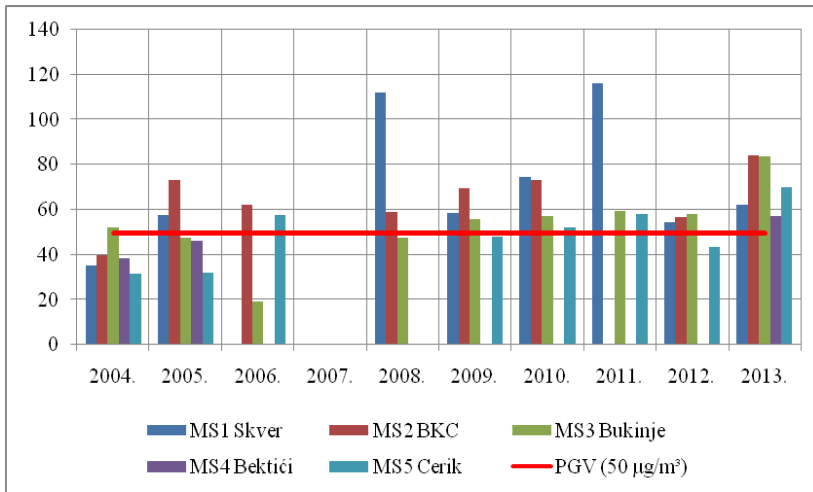
Prema kvantitativnoj zastupljenosti i štetnosti SO_2 je najveći zagađivač zraka i zbog toga se njegova koncentracija uzima kao referentni parametar za procjenu kvaliteta, odnosno stepena zagađenosti zraka. U tabeli 5 su prikazani dostupni podaci o prosječnim godišnjim koncentracijama SO_2 u Tuzli, po mjernim stanicama, u periodu 2004-2013. godine. Treba napomenuti da za MS-4 Bektići postoje podaci za svega tri godine mjerenja ovog polutanta.

Tabela 5: Prosječne godišnje koncentracije SO₂ u Tuzli u periodu 2004-2013. godine (µg/m³)
Table 5: Average annually concentrations of SO₂ in Tuzla in period of 2004-2013. (µg/m³)

Godina	MS-1 Skver	MS-2 BKC	MS-3 Bukinje	MS-4 Bektići	MS-5 Cerik
2004.	35,10	39,70	52,20	38,60	31,60
2005.	57,80	73,30	47,80	46,10	32,10
2006.	-	62,00	19,30	-	57,50
2007.	-	-	-	-	-
2008.	112,10	59,10	47,80	-	-
2009.	58,60	69,70	55,60	-	48,10
2010.	74,60	73,10	57,20	-	52,10
2011.	116,36	-	59,26	-	58,20
2012.	54,54	56,95	57,96	-	43,51
2013.	62,20	84,15	83,58	57,16	69,90

Izvor podataka: Ministarstvo za prostorno uređenje i zaštitu okoline TK, 2014.

Na osnovu utvrđenih prosječnih godišnjih vrijednosti za SO₂ u Tuzli proizilazi da koncentracije ovog polutanta uglavnom prelaze, zakonom propisanu, godišnju graničnu vrijednost od 50 µg/m³. Prateći kretanje ovog polutanta uočavamo da se naizmjenično, iz godine u godinu, javljao njegov pad i porast. Veoma visoke prosječne godišnje vrijednosti SO₂ su utvrđene na MS-1 i to za 2008. godinu (112,10 µg/m³) i 2011. godinu (116,36 µg/m³), te na MS-2 za 2013. godinu (84,15 µg/m³), što ukazuje da je uže gradsko jezgro izrazito zagađeno ovim polutantom.



Sl. 2: Prosječne godišnje koncentracije SO₂ u Tuzli u periodu 2004-2013. godine (µg/m³)
Fig. 2: Average annually concentrations of SO₂ in Tuzla in period of 2004-2013. (µg/m³)

Analizom dostupnih podataka utvrdili smo da su vrijednosti ovog polutanta često prelazile pragove upozorenja odnosno pragove uzbune. Broj prekoračenja se podudara sa najvećim godišnjim prosječnim koncentracijama SO₂. U narednoj tabeli su prezentirani podaci o broju satnih intervala kada su koncentracije SO₂ prelazile 500 µg/m³.

Tabela 6: Pregled broja prekoračenja pragova uzbune za SO₂ u Tuzli u periodu 2004-2013. godine (satni intervali)

Table 6: Overview of the number of exceedances of alert for SO₂ in Tuzla in period of 2004-2013. (hour intervals)

Godina	MS-1 Skver	MS-2 BKC	MS-3 Bukinje	MS-4 Bektići	MS-5 Cerik
2004.	10	20	34	12	12
2005.	39	45	29	23	20
2006.	-	38	3	-	34
2007.	-	-	-	-	-
2008.	111	10	33	-	-
2009.	34	41	29	-	13
2010.	35	10	38	-	8
2011.	88	-	60	-	26
2012.	5	24	13	-	17
2013.	36	78	65	39	58
Ukupno	309	266	304	74	188

Izvor podataka: Ministarstvo za prostorno uređenje i zaštitu okolice TK, 2014.

Ako pratimo prosječne vrijednosti po mjesecima možemo zaključiti da su koncentracije SO₂ u Tuzli povišene u toku hladnijeg perioda godine, odnosno u toku ogrjevnog sezone kada se iz kućnih ložišta, koja u najvećoj mjeri koriste uglj (lignit i mrki uglj), emituju velike količine ovog polutanta.



Sl. 3: Aerozagađenje iz kućnih ložišta u naselju Kula
Fig. 3: Air pollution from domestic furnaces in the Kula settlement



Sl. 4: Aerozagađenje iz kućnog ložišta u naselju Brčanska Malta
Fig. 4: Air pollution from domestic furnaces in the Brčanska Malta settlement

Visoke prosječne vrijednosti SO₂ su zabilježene na MS-1 "Skver" i MS-2 "BKC". To pokazuje i tabela 7 u kojoj je prezentirano deset najvećih prosječnih koncentracija ovog polutanta u periodu 2004-2013. godina. Ove dvije mjerne stanice su imale i najveće prosječne vrijednosti SO₂ tokom zime koje su redovito iznosile iznad 130 µg/m³, dok su na ostalim mjernim stanicama te vrijednosti bile ispod 100 µg/m³. Najveće maksimalne dnevne koncentracije su zabilježene u mjesecu novembru 2011. godine na MS-2 (952,8 µg/m³) i MS-1 (890,1 µg/m³), što ukazuje da je centar grada Tuzle veoma ugrožen ovim polutantom.

Tabela 7: Najviše prosječne koncentracije SO₂ u Tuzli u periodu 2004-2013. godine (µg/m³)
Table 7: The highest average concentrations of SO₂ in Tuzla in period of 2004-2013. (µg/m³)

Red.br.	Godina	Mjesec	Mjerna stanica	Vrijednost
1.	2013.	Decembar	BKC	291,1
2.	2008.	Januar	Skver	285,8
3.	2013.	Decembar	Skver	234,0
4.	2011.	Januar	Skver	189,4
5.	2006.	Januar	BKC	187,8
6.	2011.	Novembar	BKC	185,4
7.	2008.	Januar	BKC	184,5
8.	2011.	Novembar	Skver	183,9
9.	2008.	Februar	Skver	183,7
10.	2010.	Februar	Skver	174,7

Izvor podataka: Ministarstvo za prostorno uređenje i zaštitu okolice TK, 2014.

Glavni izvor zagađenja azotnim oksidima u Tuzli predstavlja saobraćaj. Emisije uzrokovane saobraćajem najveće su u središtu grada Tuzle, u blizini glavnih drumskih saobraćajnica, na mjestima gdje je brzina kretanja automobila smanjena. Ipak, prosječne godišnje koncentracije NO₂ u Tuzli su ispod dozvoljene godišnje granične vrijednosti (40 µg/m³). U odnosu na 1991. godinu koncentracije NO₂ u Tuzli su daleko manje.

Tabela 8: Prosječne godišnje koncentracije NO₂ u Tuzli u periodu 2004-2013. godine (µg/m³)
Table 8: Average annual concentrations of NO₂ in Tuzla in period of 2004-2013. (µg/m³)

Godina	MS-1 Skver	MS-2 BKC	MS-3 Bukinje	MS-4 Bektići	MS-5 Cerik
2004.	31,70	21,90	18,20	8,30	11,30
2005.	35,50	39,40	26,40	-	9,20
2006.	21,80	33,30	15,40	-	15,50
2007.	-	-	-	-	-
2008.	6,90	-	2,90	-	-
2009.	25,00	27,40	17,80	-	12,90
2010.	18,20	29,80	15,50	-	12,20
2011.	-	36,60	25,28	-	37,21
2012.	38,81	34,28	21,67	-	39,76
2013.	27,16	29,14	18,43	14,25	29,54

Izvor podataka: Ministarstvo za prostorno uređenje i zaštitu okolice TK, 2014.

Koncentracije ovog polutanta, slično vrijednostima SO₂ su povećane tokom hladnijeg perioda godine, odnosno od oktobra do aprila. Najviša prosječna (82,0 µg/m³) i maksimalna (195,4 µg/m³) vrijednost ovog polutanta je zabilježena u februaru 2012. godine na MS Skver.

Ukoliko se posmatra dnevni hod koncentracija NO₂, vidljivo je da su, bez obzira na sezonu, vrijednosti ovog polutanta povećane u jutarnjim i poslijepodnevni satima, što se može pripisati pojačanom saobraćaju, kada stanovnici odlaze na posao ili se vraćaju sa posla. U dane vikenda, koncentracije NO₂ su povećane u kasnim popodnevni i noćnim satima, što se ponovo može povezati sa pojačanom frekvencijom saobraćaja u tim satima.

Pojedini polutanti koji iz primarno emitovanih polutanata nastaju fotohemijskim procesima u atmosferi poznati su kao fotohemijski oksidanti. Osnovni polutant iz ove kategorije je ozon. Prosječne godišnje koncentracije ozona u Tuzli za period 2004-2013. godine prikazane su u tabeli 9.

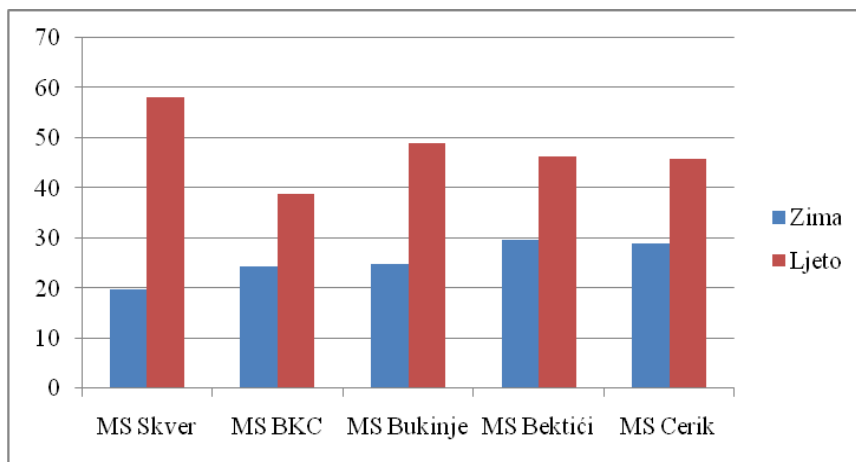
Tabela 9: Prosječne godišnje koncentracije O₃ u Tuzli u periodu 2004-2013. godine (µg/m³)
Table 9: Average annual concentration of O₃ in Tuzla in period of 2004-2013. (µg/m³)

Godina	MS-1 Skver	MS-2 BKC	MS-3 Bukinje	MS-4 Bektići	MS-5 Cerik
2004.	47,30	39,90	39,90	28,00	55,20
2005.	42,90	40,90	38,00	49,60	54,90
2006.	37,10	23,40	41,90	44,60	21,00
2007.	-	-	-	-	-
2008.	41,10	32,50	40,60	-	61,20
2009.	32,40	29,90	43,20	-	40,80
2010.	-	17,30	39,30	-	24,80
2011.	-	17,20	26,80	-	23,00
2012.	-	-	21,90	-	13,39
2013.	-	30,94	35,13	-	42,43

Izvor podataka: Ministarstvo za prostorno uređenje i zaštitu okolice TK, 2014.

Prosječne godišnje vrijednosti O₃ se kreću od 13,39 µg/m³ koliko je zabilježeno 2012. godine na MS-5 do 61,20 µg/m³ evidentirano 2008. godine na istoj mjernoj stanici. Analizirajući podatke u tabeli 9 uočavamo da su vrijednosti ovog polutanta uglavnom opadale od 2008. do 2012. godine, nakon čega dolazi do porasta u 2013. godini.

Za razliku od ostalih polutanata, vrijednosti O₃ su povećane u toku proljetnih i ljetnih mjeseci, iz razloga što je koncentracija O₃ u direktnoj zavisnosti od sunčevog zračenja.



Sl. 5: Prosječne koncentracije O₃ tokom ljeta i zime u Tuzli za period 2004-2013. godine (µg/m³)

Fig. 5: Average concentrations of O₃ during summer and winter in Tuzla for a period of 2004-2013. (µg/m³)

Satne koncentracije ozona u analiziranom periodu nisu prelazile pragove upozorenja (192,00 µg/m³) i pragove uzbune (240,00 µg/m³) utvrđene Pravilnikom o graničnim vrijednostima kvaliteta zraka. Najveće prosječne koncentracije O₃ su zabilježene tokom marta i aprila 2005. godine na MS-5 i iznosile su preko 80 µg/m³. Iste godine i na istoj mjernoj stanici evidentirana je i najveća dnevna maksimalna vrijednost od 119,5 µg/m³ (12.02.2005.). Minimalne vrijednosti se kreću od 0,1 µg/m³ (zabilježeno u oktobru 2010. godine na MS-5) do 48,3 µg/m³ (april 2004. godine MS-3).

Ugljen monoksid je jedan od najrasprostranjenijih polutanata u atmosferi. Njegove prosječne godišnje vrijednosti u Tuzli kreću se od 0,48 mg/m³, koliko je zabilježeno na MS-

5 2004. godine, do 1,60 mg/m³ koliko je evidentirano 2011. godine na MS-2. Za veći broj godina i mjernih stanica ne postoje podaci, ali pretpostavljamo da je centar grada posebno opterećen ovim polutantom što je posljedica velikog broja automobila koji su i najveći emiteri CO.

Tabela 10: Prosječne godišnje koncentracije CO u Tuzli u periodu 2004-2013. godine (mg/m³)
Table 10: Average annual concentrations of CO in Tuzla in period of 2004-2013. (mg/m³)

Godina	MS-1 Skver	MS-2 BKC	MS-3 Bukinje	MS-4 Bektići	MS-5 Cerik
2004.	1,24	1,37	0,83	0,68	0,48
2005.	1,30	1,40	0,90	0,80	0,70
2006.	1,30	1,40	0,70	0,60	-
2007.	-	-	-	-	-
2008.	1,10	-	-	0,80	-
2009.	1,40	-	-	0,60	-
2010.	0,96	0,86	-	1,04	-
2011.	-	1,60	-	-	-
2012.	0,80	1,00	-	-	-
2013.	1,20	1,10	0,80	1,30	1,00

Izvor podataka: Ministarstvo za prostorno uređenje i zaštitu okolice TK, 2014.

Ukoliko posmatramo po mjesecima, jasno se može uočiti da su koncentracije ovog polutanta, kao i većine ostalih polutanata, povećane u toku hladnijeg perioda godine. Najveća prosječna vrijednost CO zabilježena je u decembru 2013. godine na Skveru i iznosila je 4,1 mg/m³, a najveća maksimalna koncentracija je evidentirana u decembru 2010. godine kod BKC-a i iznosila je 8,90 mg/m³ (22.12.2010.). U toplijem periodu vrijednosti ovog polutanta su uglavnom ispod 1,0 mg/m³, što je daleko ispod godišnje granične vrijednosti (3,0 mg/m³).

Lebdeće čestice se smatraju ključnim pokazateljima kvaliteta zraka. Iz podataka o prosječnim godišnjim koncentracijama taložne prašine u Tuzli uočljivo je da su njene vrijednosti u svim godinama daleko iznad propisane godišnje granične vrijednosti (25 µg/m³). Najveća prosječna godišnja koncentracija ovog polutanta je evidentirana na Skveru 2011. godine i iznosila je 86,40 µg/m³.

Tabela 11: Prosječne godišnje koncentracije PM_{2,5} u Tuzli u periodu 2004-2013. godine (µg/m³)
Table 11: Average annual concentrations of PM_{2,5} in Tuzla in period of 2004-2013. (µg/m³)

Godina	MS-1 Skver	MS-2 BKC	MS-3 Bukinje	MS-4 Bektići	MS-5 Cerik
2004.	52,40	62,70	68,30	68,30	36,50
2005.	65,60	75,30	68,80	-	41,70
2006.	61,30	-	60,20	-	41,20
2007.	-	-	-	-	-
2008.	58,30	67,80	62,00	-	41,40
2009.	53,50	77,10	50,10	33,30	41,40
2010.	59,60	70,40	52,50	43,20	43,40
2011.	86,40	-	65,80	58,40	65,30
2012.	52,17	39,22	40,99	43,81	-
2013.	53,28	32,89	36,02	39,38	-

Izvor podataka: Ministarstvo za prostorno uređenje i zaštitu okolice TK, 2014.

Iz prosječnih godišnjih vrijednosti ovog polutanta, možemo uočiti da njegove koncentracije na MS-3 Bukinje imaju trend smanjenja. Imajući u vidu da se u neposrednoj blizini ove mjerne stanice nalazi TE "Tuzla", evidentirano smanjenje je u velikoj mjeri posljedica ugradnje modernih elektrostatičkih filtera na dimnjake TE "Tuzla" čime je

emisija prašine značajno smanjenja. Najviše utvrđene vrijednosti ovog polutanta su u razdoblju jesen-zima, tj. u toku sezone grijanja, što ukazuje da je osnovni razlog visokog sadržaja taložne prašine njena emisija iz individualnih ložišta i kotlovnica.

Sadržaj taložne prašine je posebno visok kod BKC-a i na Skveru u čijoj blizini nema industrijskih objekata. Tako je najveća prosječna koncentracija ovog polutanta evidentirana u januaru 2008. godine na MS-2 BKC ($223,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a u isto vrijeme je evidentirana i najveća maksimalna koncentracija prašine na Skveru ($567,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). U ljetnom periodu vrijednosti prašine na svim mjernim stanicama se uglavnom kreću ispod $30\mu\text{g}/\text{m}^3$.

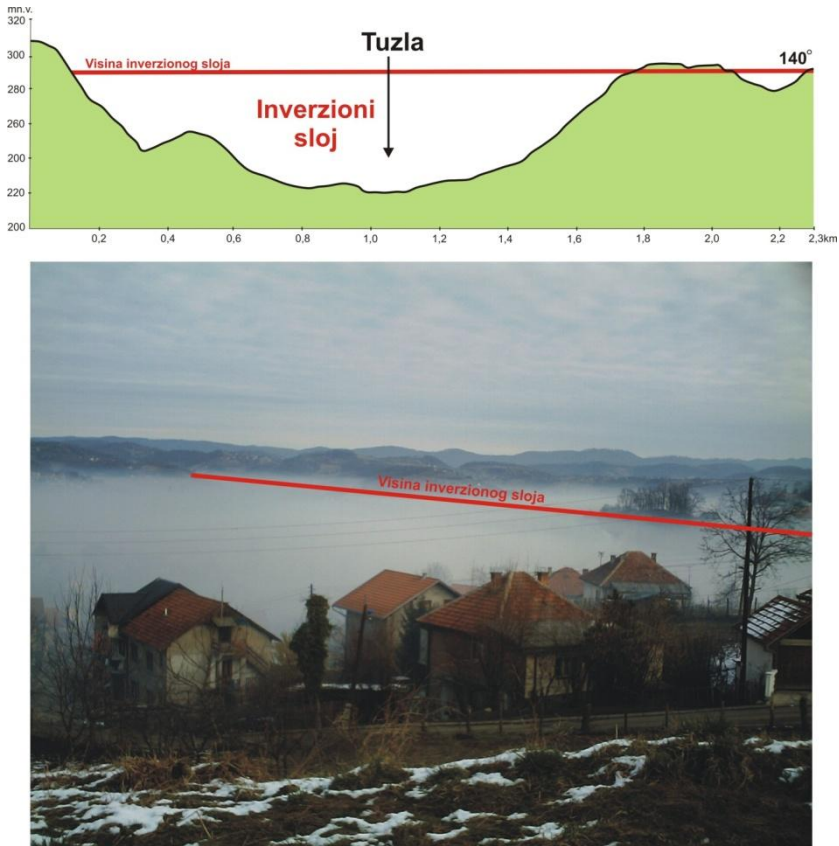
Temperature inverzije i aerozagađenje **Temperature inversions and air pollution**

U stabilnim atmosferskim uvjetima često se formiraju stanja u kojima su prizemni slojevi zraka hladniji u odnosu na više slojeve, tj. topliji zrak se nalazi iznad hladnijeg. Ovakvo stanje atmosfere naziva se inverzija temperature, temperaturna inverzija ili obrt temperature zraka (Spahić, M. 2002). Uslovljeno reljefom i mikroklimatskim karakteristikama područja česta je pojava i u Tuzlanskoj kotlini, a veže se uglavnom za zimski period. Sa aspekta aerozagađenja to je najteža situacija jer ne može doći do znatnije raspodjele polutanata.

Intrromisioni, vrlo štetni, polutanti u inverzionom sloju dižu se samo do izvjesne visine i tamo ostaju ili se vraćaju u prizemlje. Ako inverzija potraje duže, polutanti se nagomilavaju i njihova koncentracija doseže takve razmjere koje su opasne za ljudsko zdravlje (Spahić, M. 1999).

Radijacijske prizemne, odnosno orografske inverzije, karakteristične i za Tuzlansku kotlinu, uglavnom prate pojave guste magle, koje zajedno sa polutantima čine smog. Smog se izdiže do visine inverzionog sloja i čini dimnu zavjesu ili "kapu" iznad urbanih zona. Nastaje u procesu sagorijevanja fosilnih goriva te od aeropolutanata i drugih čestica koji se nalaze u atmosferi. Magla otežava vertikalnu ekspanziju zraka i udaljavanje iz atmosfere grada štetnih polutanata koji su rastvoreni u kapljicama magle. Terenskim istraživanjem, na vertikalnom profilu od dna tuzlanske zavale prema orografskoj strukturi Majevice, uočena je visina radijacionog inverzionog sloja, od oko 290 m (slika 6). Kapacitet atmosferskog kompleksa Tuzlanske kotline, do otvaranja prema sprečanskoj tektonskoj zavali, u naselju Bukinje i do 300 m nadmorske visine iznosi svega $1,59\text{km}^3$ ($1.595.200.000\text{m}^3$). Zbog ovako malog kapaciteta atmosferskog kompleksa, koji dodatno smanjuju izgrađeni infrastrukturni objekti, vrijednosti distribuiranih polutantata prevazilaze sposobnost prirodnih samoregulacionih procesa u zavali.

Visina inverzionog sloja je bitna i zbog određivanja dimenzija industrijskih i drugih dimnjaka. Danas se visina dimnjaka prilagođava visini inverzionog sloja kako bi se ispušteni gasovi, pare i čestice mogli raspršivati na veće područje (Matas, M. 2001). Prema dostupnim podacima svi dimnjaci TE "Tuzla" prelaze visinu inverzionog sloja, što je sa aspekta aerozagađenja pozitivno, jer se u ovim uslovima ispušteni polutanti ne zadržavaju u prizemnim slojevima. U takvim uslovima najveći zagađivači u Tuzli su individualna ložišta, saobraćaj te industrijski kapaciteti koji svoju proizvodnju nisu prilagodili fizičkogeografskim (reljefnim i mikroklimatskim) uslovima prostora.



Sl. 6: Temperaturne (radijacione) inverzije u Tuzli
 Fig. 6: Temperature (radiation) inversions in Tuzla

ZAKLJUČAK CONCLUSION

Činjenica da Tuzlu pritišće veoma zagađen zrak i da je, po tvrdnjama mnogih, jedan od gradova sa najvećim antropopresingom na atmosferski kompleks u Europi. Ipak, provedenim istraživanjima došlo se do podataka da je danas stanje kvaliteta zraka u Tuzli bolje u odnosu na period do 1992. godine, ali nije došlo do značajnog poboljšanja u periodu od 2004. do 2013. godine. Također, kvalitet zraka se narušava u hladnijem dijelu godine, posebno u anticiklonalnim vremenskim stanjima, gdje se pri čestoj pojavi temperaturnih inverzija stvaraju uslovi koji pogoduju akumulaciji polutanata u nižim slojevima atmosfere. Prema podacima stacionarnog monitoringa uočene su koncentracije sumpor dioksida i prašine koje često prelaze pragove upozorenja i uzbune, što je ujedno i najveći problem u atmosferskom kompleksu iznad urbanog sistema Tuzle.

Istraživanja su dokazala da se prekoračenja graničnih vrijednosti, uslovljeno malim kapacitetom atmosferskog kompleksa tuzlanske zavale, dešavaju isključivo u zimskom periodu pa se može zaključiti da, pored industrije, energetike i saobraćaja, snažan uticaj na smanjenje kvaliteta zraka ima veliki broj individualnih kućnih ložišta. Da bi se poboljšao

kvalitet zraka u Tuzli neophodno je nastaviti širenje toplinske mreže i priključenje na postojeći toplinski sistem iz TE "Tuzla" te na ovaj način iskoristiti blizinu ovog termoenergetskog objekta, kako bi se smanjila emisija štetnih polutanata iz stambenih objekata. Uspostavljanje geokološkog načina proizvodnje i prilagođavanje standardima Europske unije, uz veće korištenje toplinske energije iz TE "Tuzla" doprinijet će zaštititi životne sredine i smanjiti mogućnost većeg zagađenja zraka ovog i šireg područja. Izgradnjom kogeneracijskog bloka 7 TE "Tuzla", zamijenit će se postojeći dotrajali, manje energetski i ekološki učinkoviti blokovi, što će osigurati dugotrajno snabdijevanje toplinskom energijom, smanjiti emisije polutanata i time doprinijeti kvalitetu životne sredine. U dijelovima gradskog područja gdje nije tehnoeкономski opravdano širiti postojeći sistem daljinskog grijanja nužno je koristiti nisko sumporno gorivo ili neki od obnovljivih izvora energije, uz povećanu inspeksijsku kontrolu ložišta.

Da bi se poboljšao kvalitet zraka, neophodno je dimenzije industrijskih i drugih dimnjaka prilagoditi visini inverzionog sloja čija je utvrđena vrijednost u Tuzlanskoj kotlini na nadmorskoj visini od oko 290 m. Važno je, davno uspostavljeni katastar zagađivača zraka Tuzle i okoline, kontinuirano doradivati jer je to polazni i najznačajniji dokument kojim se registruju izvori emisije polutanata. Uređenom zakonskom regulativom i strogom kontrolom može se spriječiti emisija zagađujućih materija iz industrijskih i drugih proizvodnih objekata na području Tuzle, a neophodno je izvršiti i rekonstrukciju saobraćajne mreže, stimulisati javni gradski prevoz, graditi biciklističke staze i pješačke zone.

Literatura i izvori

Literature and sources

- Ahmetbegović, S., Stjepić Srkalović, Ž., Gutić, S. 2015: Poplave i klizišta na području grada Tuzla uzrokovani prirodnim nepogodama u 2014. godini, *Acta Geographica Bosniae et Herzegovinae*, Vol. 2. Br. 4., Sarajevo, str. 43-54;
- Ahmetbegović, S., Gutić, S. 2016: Stanje kvaliteta zraka u Lukavcu, Zbornik radova sa Naučne konferencije "Kulturno-historijsko i prirodno naslijeđe općine Lukavac", JU Javna biblioteka Lukavac i JU Zavod za zaštitu i korištenje kulturno-historijskog i prirodnog naslijeđa Tuzlanskog kantona, Lukavac, str. 644-658;
- Begić, S. 1997: Stanje kvaliteta zraka na području Tuzle, Zbornik radova "Zaštita okolice-Tuzla '97", Ministarstvo za urbanizam, prostorno uređenje i zaštitu okolice, Tuzla, str. 7-10;
- Begić, S. 2000: Ekologija (zrak, voda, tlo), Eko-zeleni, Tuzla;
- Dokumentacija i podaci Ministarstva za prostorno uređenje i zaštitu okolice Tuzlanskog kantona, 2014;
- Đuković, J., Bojanić, V. 2000: Aerozagađenje-pojam, stanje, izvori, kontrola i tehnološka rješenja, Institut zaštite i ekologije, Banja Luka;
- Matas, M. 2001: Geografski pristup okolišu, Visoka učiteljska škola, Petrinja;
- Spahić, M. 1999: Osnove geoekologije, Harfo-graf, Tuzla;
- Spahić, M. 2002: Opća klimatologija, Geografsko društvo Federacije Bosne i Hercegovine, Sarajevo;
- Spahić, M. 2016: Magla nije smog, Udruženje geografa u Bosni i Hercegovini – GEOuBiH, <http://www.geoubih.ba/index.php/reagovanja/70-reagovanje-o-magli-u-sarajevu-magla-nije-smog-2> (30.05.2016);
- Gutić, S. 2015: Geoekološki aspekti upravljanja procesom proizvodnje u TE "Tuzla" u funkciji poboljšanja kvaliteta zraka, Magistrski rad, Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Tuzli, Tuzla.

SUMMARY

AIR QUALITY IN TUZLA**Senad Gutić, Semir Ahmetbegović and Željka Stjepić Srkalović**

University of Tuzla, Faculty of Sciences and Mathematics, Department of Geography, Univerzitetska 4, Tuzla, Bosnia and Herzegovina

The city of Tuzla, like the most of other Bosnian towns, especially in the winter period has disrupted air quality and the greatest polluters are individual heating, transport, industry and energetics. Since the city of Tuzla is located in a valley, in periods of unfavorable weather conditions, the area is naturally predisposed to air pollution. Through our research, we have come to the data that today the state of air quality in Tuzla is still better than in the period up to 1992, but there has been no significant improvement in the period from 2004 to 2013. Also, the air quality worsens in the colder part of the year, especially in the anticyclonal weather situations where in the frequent occurrence of temperature inversions creates conditions which are favorable to the accumulation of pollutants in the lower atmosphere stratas. According to the stationary monitoring we found that concentrations of sulfur dioxide and dust often exceed the thresholds warning and alerts, which is the biggest problem in atmospheric complex study geographic space.

Studies have shown that the threshold limits occur only in winter so it can be concluded that, in addition to industry, energy and transport sectors, a strong influence on the reduction of air quality has a large number of individual home furnaces.

In order to improve air quality in Tuzla, it is necessary to continue the expansion of district heating network, used low sulfur fuel or some of the renewable energy, industrial and other dimensions of the chimneys to adjust the height to the inversion layer, to reconstruct transport networks, stimulate public transport, build bike paths and hiking zones.

Authors**Senad Gutić**

Master of geographical sciences, elected for associate assistant at the Faculty of Sciences and Mathematics, Department of Geography in Tuzla, scientific field Physical geography. Author and coauthor of several Physical geography scientific and professional papers.

Semir Ahmetbegović

Doctor of geographical science, assistant professor at the Faculty of Sciences and Mathematics, University of Tuzla, Bosnia and Herzegovina. In 2012. he defended PhD Thesis "Relief as population gathering factor in Bosnia and Herzegovina" on Geography Department of Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Sarajevo. Author and coauthor 24 scientific and technical articles and one book.

Željka Stjepić Srkalović

Master of geographical sciences, graduated at the Faculty of Sciences and Mathematics, University of Tuzla. Elected for associate assistant at the Faculty of Sciences and Mathematics, Geography Department in Tuzla, scientific field Physical geography. Author and coauthor of several scientific and professional papers published in scientific journals.