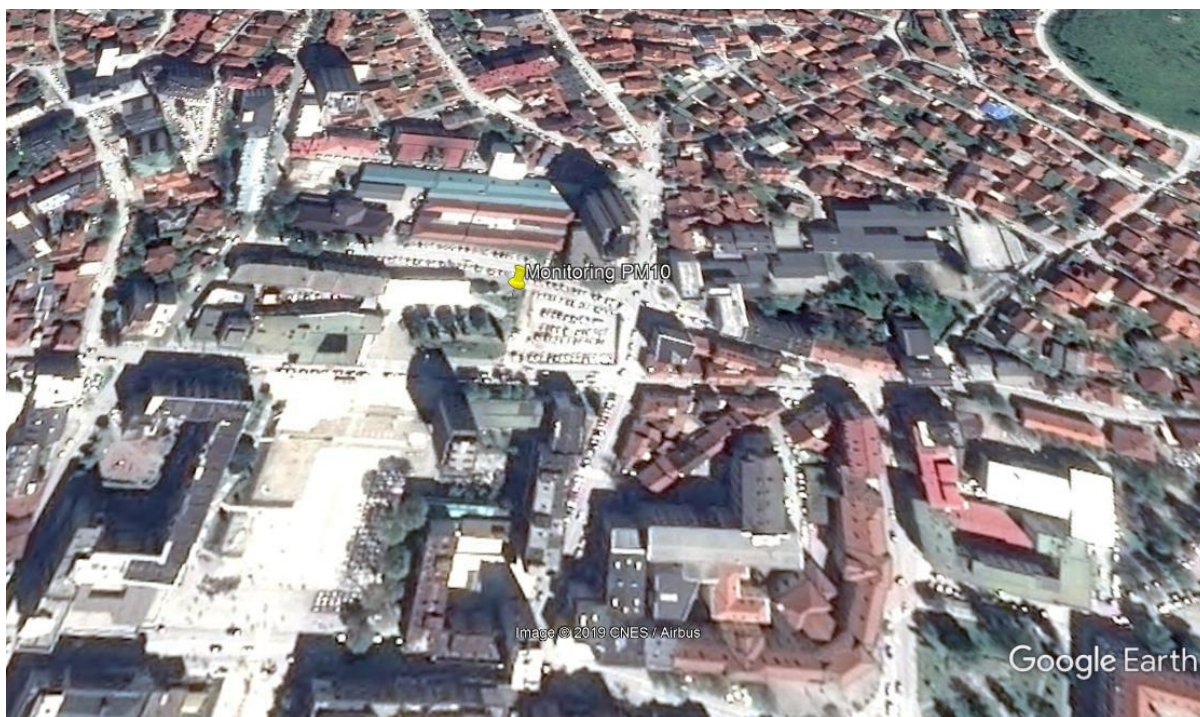


ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVLJE UŽICE
dr V. Marinkovića br. 4, 31000 Užice
☎ (031) 563-150, faks: (031) 563-147
e-mail: zavoduzice@mts.rs

Broj: 619/1
Datum: 13.02.2020.
Strana 1 od 8

Stručno mišljenje

Analiza rezultata za PM10 Biblioteka Užice



slika 1.

Analiza rezultata merenje PM10 čestica

Monitoring suspendovanih čestica frakcije PM10 vrši se u skladu sa Uredbom o uslovima za monitoring i zahtevima za kvalitet vazduha "Sl. glasnik", broj 11/2010, 75/2010 i 63/2013.

Uređaji za uzorkovanje PM10 suspendovanih čestica su referentni uređaji u skladu sa SRPS EN 12341:2015 i to jednokanalni uzorkivač Sven Leckel MVS6 i sekvencijalni: DERENDA PNS 18T DM-3.1

"Rezultati merenja koncentracija zagađujućih materija upoređuju se sa propisanim graničnim, tolerantnim i ciljnim vrednostima nivoa zagađujućih materija u vazduhu u cilju utvrđivanja nivoa zagađenosti vazduha"

	ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVLJE UŽICE dr V. Marinkovića br. 4, 31000 Užice ☎ (031) 563-150, faks: (031) 563-147 e-mail: zavoduzice@mts.rs	
		Broj: 619/1 Datum: 13.02.2020. Strana 2 od 8

period uzorkovanja	1.1.2019 - 31.12.2019	granična vrednost
broj uzoraka	352	
% raspoloživost podataka	96.4 %	90%
broj uzoraka >50 µg/m ³	86	35
srednja godišnja µg/m ³	44.5	40
minimalna vredost µg/m ³	6	
maksimalna vrednost µg/m ³	298	

tabela 1.

Analiza metala iz PM 10 čestica

U cilju poređenja sa graničnim, odnosno preporučenim vrednostima za metale u PM10, u 66 uzoraka raspoređenih u toku cele kalendarske godine urađena je analiza metala na uređaju ICP OES Thermo iCAP po akreditovanoj dokumentovanoj metodi DM A14.

metali	Olovo	Arsen	Kadmijum	Nikal
broj uzoraka		109		
raspoloživost podataka	>56		>56	
broj uzoraka >1 µg/m ³	0			
srednja godišnja µg/m ³	0.024	0.98 ng/m ³	0.78 ng/m ³	9.58 ng/m ³
godišnja granična vrednost µg/m ³	0.5			
ciljna vrednost ng/m ³		6	5	20

tabela 2.

Godišnja srednja vrednost PM10 suspendovanih čestica prelazi graničnu vrednost na godišnjem nivou,

Broj dana sa prekoračenom dnevnom graničnom vrednošću prelazi 35.



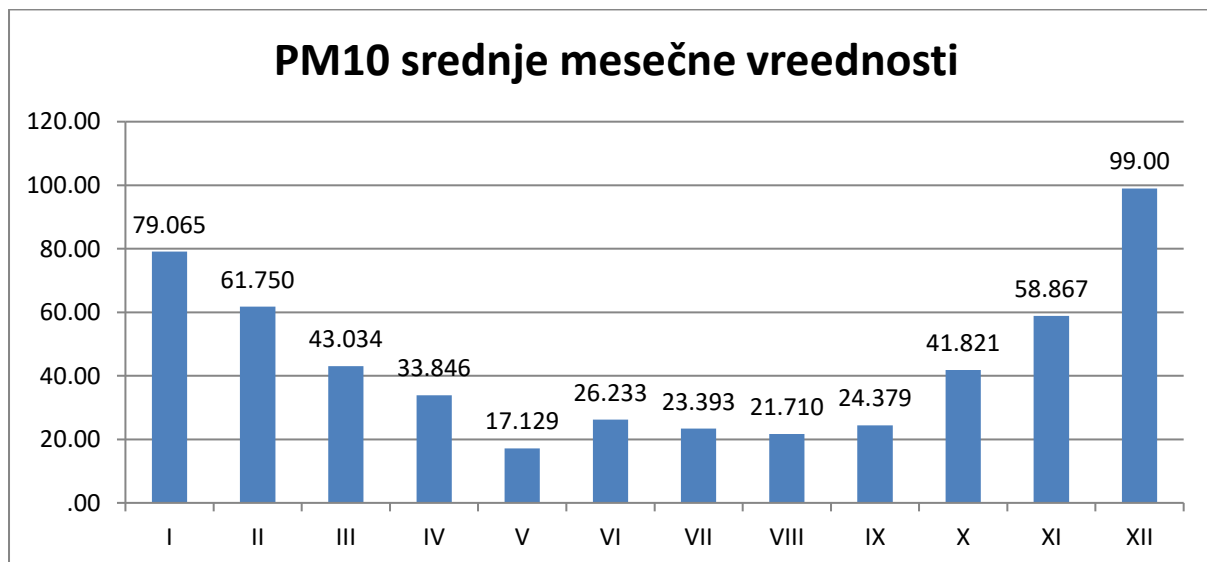
ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVLJE UŽICE
dr V. Marinkovića br. 4, 31000 Užice
☎ (031) 563-150, faks: (031) 563-147
e-mail: zavoduzice@mts.rs

Broj: 619/1
Datum: 13.02.2020.
Strana 3 od 8

Sezonske varijacije

mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
broj merenja	31	28	29	26	31	30	28	31	29	28	30	31
sred mes vrednost	79.1	61.8	43.0	33.8	17.1	26.2	23.4	21.7	24.4	41.8	58.9	99.0
medijana	59	63	41	33	14	25	21	20	24	39	49	61
min.	14	19	18	9	6	9	12	8	14	10	16	13
max.	248	109	76	74	48	45	55	45	40	84	128	298
broj dana preko GVI	20	17	5	4	0	0	1	0	0	8	14	17
tromesečna srednja		61.3			25.7			23.2			66.6	

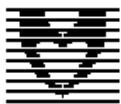
tabela 3.



grafik 1.

Koncentracije pokazuju tipičnu sezonsku zavisnost, sa visokim vrednostima u periodu grejne sezone.

Prosečna vrednost u prvom i četvrtom kvartalu je $63.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
Prosečna vrednost u drugom i trećem kvartalu je $24.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



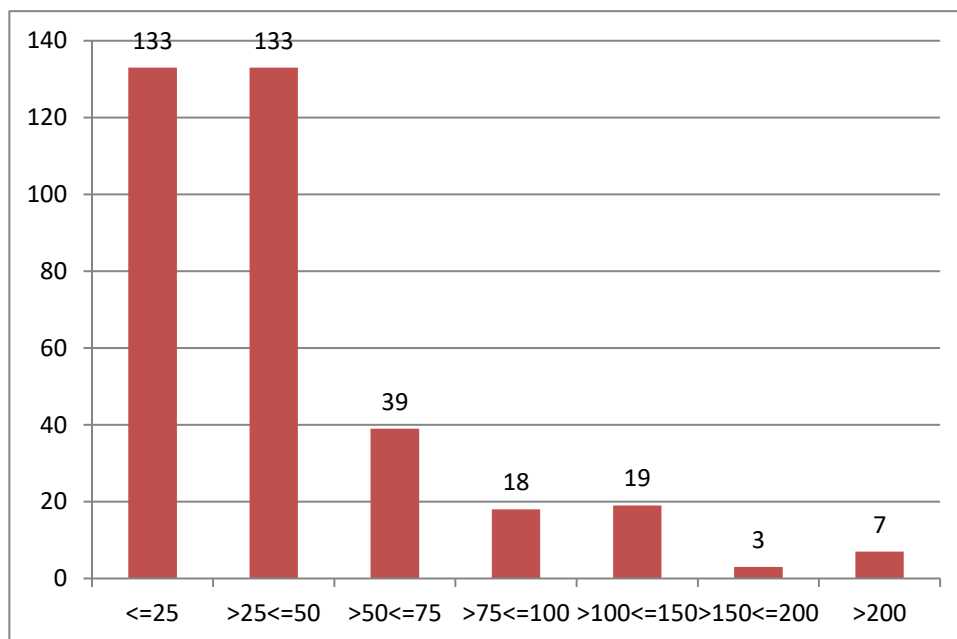
ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVLJE UŽICE
dr V. Marinkovića br. 4, 31000 Užice
☎ (031) 563-150, faks: (031) 563-147
e-mail: zavoduzice@mts.rs

Broj: 619/1
Datum: 13.02.2020.
Strana 4 od 8

Raspodela dnevnih vrednosti PM10

KATEGORIJA	BROJ UZORAKA
<=25	133
>25<=50	133
>50<=75	39
>75<=100	18
>100<=150	19
>150<=200	3
>200	7

tabela 4.



grafik 2.

	ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVLJE UŽICE dr V. Marinkovića br. 4, 31000 Užice ☎ (031) 563-150, faks: (031) 563-147 e-mail: zavoduzice@mts.rs	
		Broj: 619/1 Datum: 13.02.2020. Strana 5 od 8

Procena potrebne redukcije emisije ³⁾

Koncentracija zagađivača vazduha su po svojoj prirodi slučajne varijable jer njihove vrednosti zavise od fluktuacije različitih meteoroloških i emisionih faktora. Kad imamo set godišnjih dnevnih podataka iz njega možemo izračunati različite statističke karakteristike. Posebno korisne su statističke distribucije koje mogu dobro da okarakterišu varijacije i druge statističke parametre datog seta.

Stepen smanjenja emisije u cilju postizanja zahtevanog kvaliteta vazduha može se izračunati tzv. rollback proračunom. *formula 1.*

$$R = \frac{E(c) - E(c)_s}{E(c) - cb}$$

(Statistical distributions of air pollutant concentrations, Panos G. Georgopoulos John H. Seinfeld, Environ. Sci. Technol., Vol. 16, No. 7, 1982)

$E(c)$ je godišnja srednja vrednost realnih podataka

$E(c)_s$ je godišnja srednja vrednost seta podataka koji zadovoljava kriterijum broja dana < 35 , cb je vrednost pozadinske (background) koncentracije koju ćemo zanemariti.

$E(c)$ je izračunata u programu minitab primenom analize:

Calc:probability distribution ; Calc:Cumulative Distribution Function koja je dala loglogistik funkciju distribucije na realnim podacima sledećih parametara.

Loglogistic with location = 3.28142 and scale = 0.49135 and threshold = 5.24012

Funkcija koja opisuje podatke sa zadovoljavajućom godišnjom srednjom vrednosti i brojem dana sa koncentracijom $PM_{10} > 50 \mu g/m^3$ je

Inverse Cumulative Distribution Function

Loglogistic with location = 2.699 and scale = 0.49135 and threshold = 5.24012

U tabeli su prikazani statistički parametri za različite setove godišnjih vrednosti.

statistički parametar	izračunati iz loglogističke distribucije koja fituje realne podatke	izračunati iz podataka loglogističke distribucije koja zadovoljava kriterijume Uredbe
srednja godišnja vrednost $\mu g/m^3$	44.5	27.2
35 dana $> 50 \mu g/m^3$	86	35

tabela 5.

Procenat redukcije emisije $R = (44.5 - 27.2) * 100 / 44.5 = 38.9\%$

	ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVLJE UŽICE dr V. Marinkovića br. 4, 31000 Užice ☎ (031) 563-150, faks: (031) 563-147 e-mail: zavoduzice@mts.rs	
		Broj: 619/1 Datum: 13.02.2020. Strana 6 od 8

Emisiju PM10 čestica PM10 bi trebalo smanjiti za 38.9% da bi na datom mernom mestu i pod meteorološkim uslovima kakvi su bili u 2019, podaci godišnjeg monitoringa imali zahtevane vrednosti srednje godišnje vrednosti < 40 µg/m³ i brojem dana sa prekoračenjem dnevne dozvoljene vrednosti 35. (godišnja srednja vrednost bi bila 25.7µg/m³, a broj dana preko GVI 35).

Procena i identifikacija izvora emisije na vrednosti PM10

Procena izvora urađena je multivariantnim receptorskim modeliranjem u programu PMF 5.0 (positive matrix factorization) baze od 109 uzoraka PM10 iz 2019 u kom su analizirani sledeći metali: Al,Ca,Fe,Zn,K,V,Ni,Cu,Pb,Cd,Mn,As. Od navedenih Al,Ca,Se,K i V nisu u obimu akreditacije ,ali se sprovode sa na istom nivou kontrole kvaliteta kao i akreditovani.

Budući da su navedeni elementi pominju u literaturi kao “markeri” pojedinih izvora emisije odlučili smo da rezultati analize u setu podataka PM10 iz 2019 analiziramo metodom ,tzv receptorskog modeliranja koristeće program PMF 5. američke agencije EPA.

Za receptorsko modeliranje potrebno je obezbediti veliki broj uzoraka i takođe što veći broj analiza po uzorku. Za PM10 broj analiza je to bolji što se približava onom broju specija koji sačinjavaju ukupnu masu uzorka. Pored metala tu su svakako anioni, sulfati, nitrati, elementarni ugljenik, organski ugljenik, ukupni ugljenik, organska jedinjenja, tzv molekularni markeri. Lista elemenata koja je dostupna u ovoj analizi ne obuhvata neke važne gradivne specije, kao što su ugljenik i anioni što je manjkavost. Pozitivno je što su u listi elemenata obuhvaćeni neki bitni “traseri”. Za ovaj tip medeliranja nisu potrebne dodatne informacije o emisiji i meteorologiji.

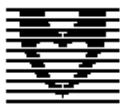
Na osnovu literaturnih podataka specifične grupe elemenata karakteristične su za pojedine tipove izvora

tip izvora		poreklo	referenca
motorna vozila	/Fe/Ba/Zn/Cu	Cu,Ba abrazija kočionih elemenata, Zn, Ca sagorevanje motornog ulja	1
čestice tla	(Al/Si/Ca/Fe),	Takođe može biti od aktivnosti saobraćaja kao resuspenzija s puta	1
sagorevanje nafte	(V/Ni/SO ⁴⁻)	V,Ni su karakteristični za sagorevanje mazuta	1,2
sagorevanje biomase	(K,As)	K je specifilan za sagorevanje drveta	2
sagorevanje uglja	(Zn, Se, and Pb)	Se je specifičan ya sagorevanje uglja	2

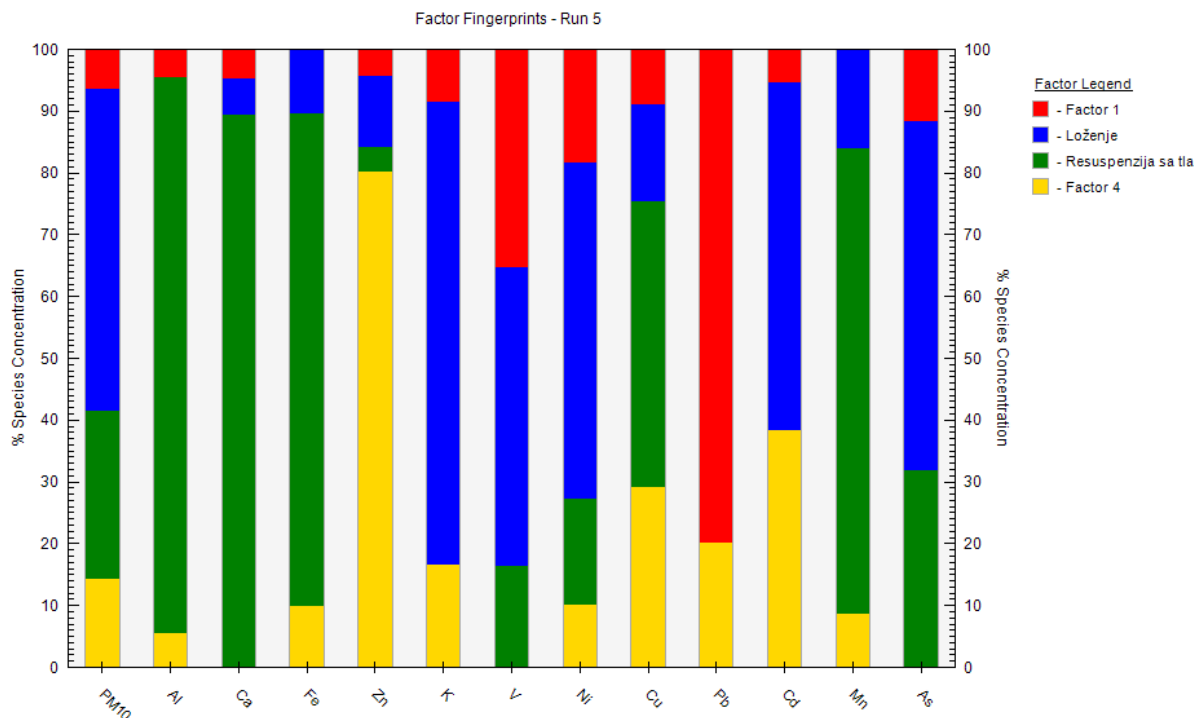
tabela 6.

Rezultati su dobijeni na programu:

EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 (<https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses>)



Analizirani su podaci sa 4 pretpostavljena izvora emisije. Rezultat je prikazan u grafičkom obliku



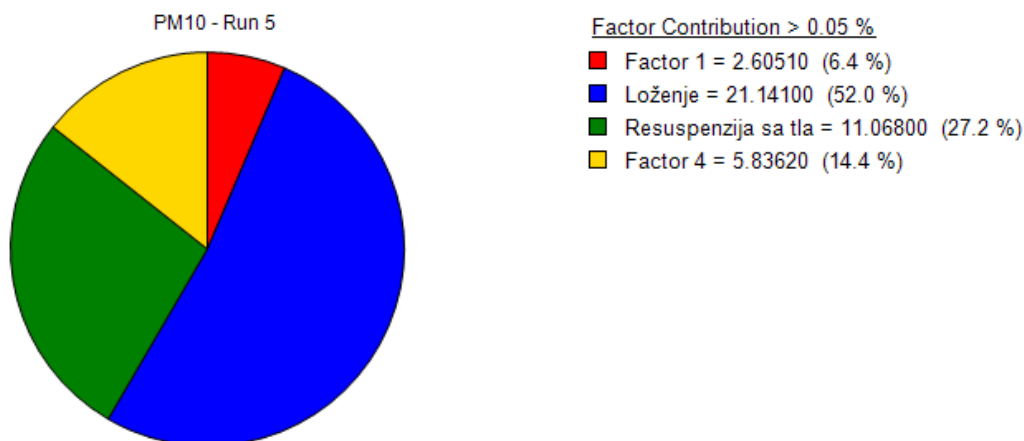
grafik 3.

Ovaj "otisak" grupiše pojedine metale u faktore-izvore koji su u skladu sa literaturnim predviđanjima. Al, Ca, Fe (zeleni), su poreklom iz čestica tla, dok je grupa As, Cd, K, V, Ni (plava) poreklom iz sagorevanja. Dok su ove dve grupe u kojim dominiraju elementi karakterističnog porekla lako prepoznatljive, žutu (faktor 4) sa cinkom i crvenu grupu sa olovom nije lako povezati sa karakterističnim izvorima. Cink se pripisuje saobraćaju koji se nalazi u ostacima trošenja guma, ali takođe se poreklo cinka može obrazložiti emisijama iz metalne industrije. Olovo (crveni, faktor 1) je nekad bilo marker emisije iz saobraćaja, ali kako se sad koristi bezolovni benzin, njegovo poreklo može takođe da se poveže sa industrijom.

Doprinos ovako pretpostavljenih izvora na sastav PM10 je dao sledeći grafik.

Žuti i crveni faktor daju oko 20 % doprinosa masi PM10, možemo ih sa sigurnošću odvojiti od resuspenzije sa tla 27.2% i loženja 52.0%. Takođe, resuspenzija prašine u kojoj se nalaze i elementi karakteristični za tlo u značajnom delu je posledica saobraćaja.

	ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVLJE UŽICE dr V. Marinkovića br. 4, 31000 Užice ☎ (031) 563-150, faks: (031) 563-147 e-mail: zavoduzice@mts.rs	
		Broj: 619/1 Datum: 13.02.2020. Strana 8 od 8



grafik 4.

Zaključak

Potreban stepen smanjenja inenziteta emisije 38,9% To bi dalo rezultate PM10 čestica koji bi imali srednju godišnju vrednost od u meteorološkim uslovima kakvi su bili u 2019 do rezultata sa srednjom godišnjom vrednosti 27.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ i broj dana preko GVI 35 čime bi kvalitet vazduha bio 1 kategorije.

Udeo grejanja u uzorku prosečnom uzorku PM10 iznosi 52.0%


Dodatak

Poređenje rezultata PM10 na mernoj stanici AMSKV Užice i Biblioteka Užice

parametar	granična vrednost	Biblioteka	AMSKV
broj uzoraka		352	346
% raspoloživost podataka	90%	96.4 %	94.8%
broj uzoraka >50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	35	86	120
srednja godišnja $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40	44.5	53.3
minimalna vredost $\mu\text{g}/\text{m}^3$		6	15
maksimalna vrednost $\mu\text{g}/\text{m}^3$		298	319

tabela 7.

Srednja godišnja vrednost na mernom mestu AMSKV je veća za 19.6%. Analogno sa formulom 1. u kojoj se izračunava redukcija emisije na osnovu razlike u srednjim godišnjim vrednostima (aritmetičke sredine), može se zaključiti da je stepen emisije PM10 čestica na mernom mestu AMSKV za 19.6% veći od emisije koja se registruje na mernom mestu Biblioteka. S obzirom na to da je AMSKV okaerakterisana kao

	ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVLJE UŽICE dr V. Marinkovića br. 4, 31000 Užice ☎ (031) 563-150, faks: (031) 563-147 e-mail: zavoduzice@mts.rs	
		Broj: 619/1 Datum: 13.02.2020. Strana 9 od 8

“traffic” ili saobraćajno merno mesto moglo bi se pretpostaviti da je dobijeni procenat dobijen uticajem izvora PM10 iz saobraćaja. Posledica toga je i povećanje broja dana sa prekoračenim maksimalno dozvoljenim dnevnim graničnim vrednostima za 34 dana.

mesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
broj merenja	31	28	31	17	31	30	31	31	30	31	24	31
sred mes vrednost	79.8	84.3	57.8	46.9	28.9	32.4	28.6	28.6	29.8	50.3	63.2	110.0
medijana	63	86	56	48	29	31	28	28	28	47	61	79
min.	27	22	28	18	15	25	16	16	20	19	24	16
max.	206	156	108	93	49	47	41	41	44	97	167	319
broj dana preko GVI	22	21	21	6	0	0	0	0	0	12	14	24
tromesečna srednja		74.0			36.1			29.0			74.5	
polugodisnja srednja			55.0						51.8			
godisnja srednja						53.3						

tabela 8.

Iz tabele 8. može se videti da van grejne sezone nema zabeleženih prekoračenja dnevnih MDK i da su razlike (pogledati tabelu 3.) u broju prekoračenja zabeležene u grejnoj sezoni.

Nasuprot tome srednje tromesečne vrednosti beleže veći stepen razlike van grejne sezone u odnosu na grejnu sezonu.

To odgovara tezi o većem uticaju emisije iz saobraćaja. U letnjim mesecima se taj uticaj očitava u većim srednjim vrednostima na mesečnom nivou, a u grejnoj sezoni posledica se ogleda u većem broju dana sa prekoračenjima graničnih vrednosti PM10.

Leti, zbog povoljnih meteoroloških uslova-visokih temperatura, velike visine mešanja i odsustva inverzija, 20% veći stepen emisije očigledno nije dovoljan da prouzrokuje prekoračenja dozvoljenih vrednosti, pa se ogleda u većim srednjim vrednostima. Obrnuto je zimi, inverzije, niske temperature i mala visina mešanja uz dodatni visok nivo PM10 od loženja stvaraju uslove da svaka dodatna emisija prouzrokuje u prekoračenje graničnih vrednosti PM10.

Statistički programi

Distribucija verovatnoće: Minitab@17.1.0

Receptorsko modeliranje: EPA Positive Matrix Factorization (PMF) 5.0 (<https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses>)

Literatura

1. Source apportionment of particulate matter in Europe: A review of methods and results M. Viana, et al., Aerosol Science 39 (2008) 827 – 849
2. Ambient particle source apportionment and daily hospital admissions among children and elderly in Copenhagen Zorana J. Andersen et al., Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology (2007) 17, 625-636,
3. Statistical distributions of air pollutant concentrations, Panos G. Georgopoulos John H. Seinfeld, Environ. Sci. Technol., Vol. 16, No. 7, 1982

	ZAVOD ZA JAVNO ZDRAVLJE UŽICE dr V. Marinkovića br. 4, 31000 Užice ☎ (031) 563-150, faks: (031) 563-147 e-mail: zavoduzice@mts.rs	
		Broj: 619/1 Datum: 13.02.2020. Strana 10 od 8

4. Source Apportionment and Characterization of Particulate Matter (PM10) in Urban Environment of Lahore, Khan Alam etc, Aerosol and Air Quality Research, 14: 1851–1861, 2014

Izvestaj izradio:

Dragan Čučković,
specijalista toksikološke hemije