

**INSTITUT ZA MEDICINSKA ISTRAŽIVANJA I MEDICINU RADA  
ZAGREB**

***IZVJEŠTAJ***

***O MJERENJIMA POSEBNE NAMJENE ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U  
ZRAKU NA LOKACIJI RADNIČKA CESTA***

**(15. studeni - 14. prosinac 2016.)**

**Zagreb, prosinac 2016.**

## **JEDINICA ZA HIGIJENU OKOLINE**

Predstojnica Jedinice: dr.sc. Gordana Peh nec, dipl.ing.kem.

Izvještaj izradila: dr.sc. Gordana Peh nec, dipl.ing.kem.

Suradnici: dr.sc. Ivan Bešlić, dipl.ing.fiz.  
dr.sc. Ranka Godec, dipl.ing.kem.  
dr.sc.Silvije Davila, prof.fiz. i inform.  
Jasmina Rinkovec, dipl. ing. kem.  
Zdravka Sever-Štrukil, dipl.ing.kem.  
Valentina Gluščić, dipl.ing.kem.

Tehnički suradnici: Marija Antolak  
Martina Šilović Hujčić  
Vjeran Dasović  
Karmenka Leš Gruborović  
Samuel Ljevar  
Martin Mihaljević

Statistička obrada i tehnička oprema: Ana Filipec

Naziv i adresa Naručitelja: Grad Zagreb, Trg Stjepana Radića 1  
Broj narudžbenice: 2016-34909

Broj izvještaja: IMI-P-382/2016

Izvještaj se sastoji od ukupno 18 stranica.

Predstojnica Jedinice za  
higijenu okoline:

Dr.sc. Gordana Peh nec, dipl.ing.kem.

Ravnateljica:

Dr.sc. Ana Lucić Vrdoljak, dipl.ing.med.biokem.

## UVOD

Na osnovi Narudžbenice broj 2016-34909 izdane od: Grad Zagreb, Trg Stjepana Radića 1, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada proveo je mjerenja posebne namjene onečišćujućih tvari u zraku na lokaciji Radnička cesta u Zagrebu.

Mjerenja su provedena od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine. Određivane su svakodnevno 24-satne koncentracije formaldehida (metanala), sumporovodika, merkaptana i gravimetrijski PM<sub>10</sub> frakcija lebdećih čestica. U uzorcima PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica određivane su koncentracije policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU). Mjereni su slijedeći PAU: benzo(a)piren (BaP), fluoranten (Flu), piren (Pir), benzo(b)fluoranten (BbF), benzo(k)fluoranten (BkF), dibenzo(ah)antracen (DahA) i benzo(ghi)perilen (BghiP), indenopiren (IP).

Rezultati mjerenja interpretirani su prema Zakonu o zaštiti zraka (NN br. 130/2011, NN br. 47/2014) (1), Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN br. 117/2012) (2), Pravilniku o praćenju kvalitete zraka (NN br. 3/2013) (3) i Pravilniku o uzajamnoj razmjeni informacija i izvješćivanju o kvaliteti zraka (NN br. 57/2013) (4).

## POPIS ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI – ISO-kod (ISO 7168-2: 1999.)

Redni broj	ISO-kod	Formula	Naziv onečišćujuće tvari	Mjerna jedinica	Vrijeme usrednjavanja
1.	VB	HCHO	formaldehid	µg/m <sup>3</sup>	1 sat
2.	5	H <sub>2</sub> S	sumporovodik	µg/m <sup>3</sup>	1 sat 24 sata
3.		R-SH	merkaptani	µg/m <sup>3</sup>	24 sata
4.	24	PM <sub>10</sub>	lebdeće čestice (<10 µm)	µg/m <sup>3</sup>	24 sata
5.	P6	BaP	benzo(a)piren	ng/m <sup>3</sup>	24 sata
6.		Flu	fluoranten	ng/m <sup>3</sup>	24 sata
7.		Pir	piren	ng/m <sup>3</sup>	24 sata
8.		BbF	benzo(b)fluoranten	ng/m <sup>3</sup>	24 sata
9.		BkF	benzo(k)fluoranten	ng/m <sup>3</sup>	24 sata
10.		DahA	dibenzo(ah)antracen	ng/m <sup>3</sup>	24 sata
11.		BghiP	benzo(ghi)perilen	ng/m <sup>3</sup>	24 sata
12.		IP	indeno(1,2,3-cd)piren	ng/m <sup>3</sup>	24 sata

### Oznake i kratice upotrijebljene u tablicama

N – broj rezultata

C – srednja 24-satna koncentracija za navedeno razdoblje

C<sub>m</sub> – najniža izmjerena 24-satna vrijednost

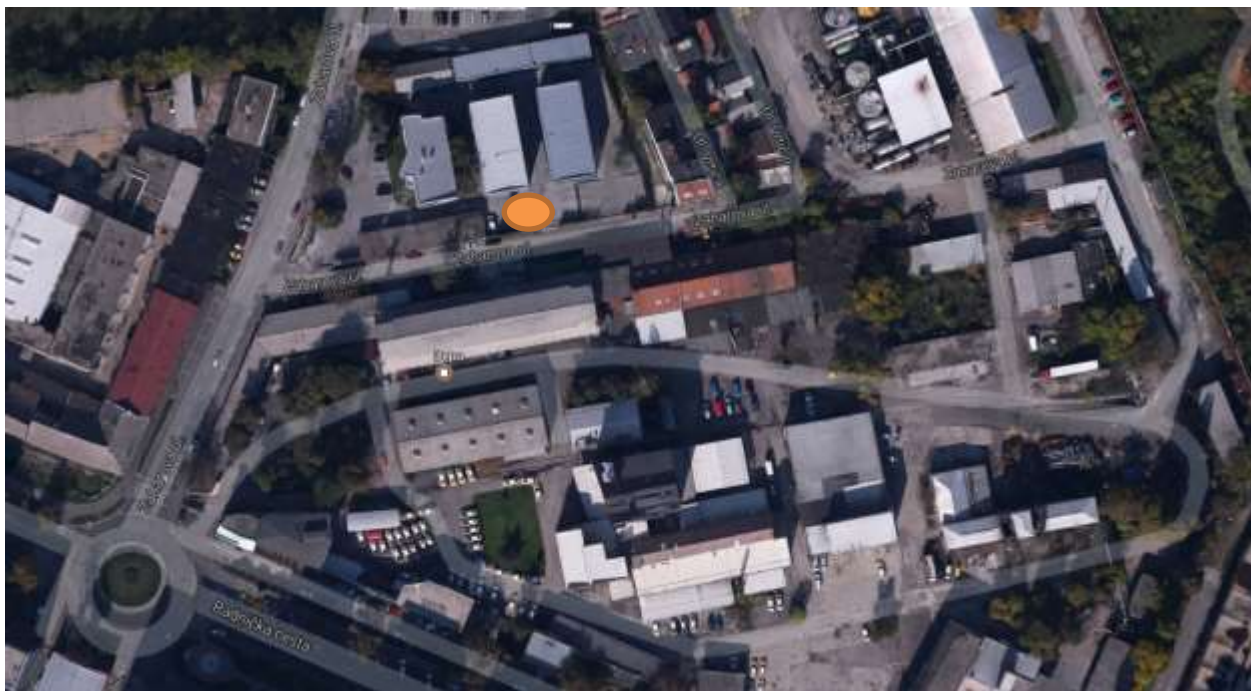
C<sub>M</sub> – najviša izmjerena 24-satna vrijednost

GV – granična vrijednost

CV – ciljna vrijednost

## MJERNO MJESTO

Pokretna mjerna postaja bila je smještena u Zaharovoj ulici 5. Ulaz za plinove bio je na visini od 3 metra iznad tla, dok je ulaz sakupljača lebdećih čestica bio smješten na visini od 4 metra iznad tla (na krovu pokretne mjerne postaje). Lokacija postaje bila je na privatnom zemljištu (SCOPULUS d.o.o.), sa sjeverne (stražnje) strane tvornice Katran (Slika I).



Slika I. Lokacija mjerne postaje

## METODE MJERENJA

Formaldehid (metanal)	Ručno sakupljanje	Analiza - spektrofotometrija
Sumporovodik	Ručno sakupljanje	Analiza - spektrofotometrija
Merkaptani	Ručno sakupljanje	Analiza - spektrofotometrija
PM <sub>10</sub> čestice	Automatsko sakupljanje	HRN EN 12341:2014 (EN 12341:2014)
BaP (PAU) u PM <sub>10</sub>	Automatsko sakupljanje	Analiza – tekućinska kromatografija visoke djelotvornosti uz fluorescentni detektor (HPLC-FD)

Uzorci sumporovodika sakupljeni su na filter papir Whatman No. 41 impregniran živa(II)kloridom uz dodatak uree kao antioksidansa. Koncentracija sumporovodika određivana je spektrofotometrijskom metodom molibdenskog plavila (5,6).

Kod sakupljanja i određivanja merkaptana sumporovodik interferira pa se mora prethodno ukloniti. Zbog toga su impregnirani filter papiri u držaču uvijek bili spojeni u seriju, i to tako da je u prvom držaču bio impregnirani filter papir za sakupljanje sumporovodika, a u drugom za sakupljanje merkaptana.

Merkaptani su sakupljeni na filter papiru Whatman No. 41 impregniranim živa(II)acetatom uz dodatak octene kiseline. Koncentracija merkaptana određivana je spektrofotometrijski pomoću N,N dimetil p-fenilendiamin hidroklorida i Reissnerova reagensa (7). Ovom metodom određuju se ukupni merkaptani, a rezultati su izraženi kao merkaptanski sumpor R-SH.

Formaldehid u zraku sakupljan je prosisavanjem zraka kroz plinsku ispiralicu s apsorpcijskom otopinom. Metoda određivanja se bazira na Schryverovoj reakciji. Po dodatku fenilhidrazina u reakciji s formaldehidom stvara se formaldehid-hidrazon te se nakon tretiranja s kalijevim fericijanidom i kloridnom kiselinom stvara intenzivna grimizna boja. Koncentracija formaldehida proporcionalna je intenzitetu boje te je određivana spektrofotometrijski.

## REZULTATI MJERENJA

U tablici 1 prikazane su granične vrijednosti za formaldehid, sumporovodik i merkaptane s obzirom na kvalitetu življenja, odnosno dodijavanje neugodnim mirisom, u tablici 2 granične vrijednosti za PM<sub>10</sub> frakciju lebdećih čestica i u tablici 3 ciljne vrijednosti za benzo(a)piren u PM<sub>10</sub> frakciji lebdećih čestica s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi.

Tablica 1 - Granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku s obzirom na kvalitetu življenja (dodijavanje mirisom)

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Razina granične vrijednosti (GV)	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
Metanal (formaldehid)	24 sata	30 µg/m <sup>3</sup>	-
Sumporovodik (H <sub>2</sub> S)	1 sat	7 µg/m <sup>3</sup>	GV ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine
	24 sata	5 µg/m <sup>3</sup>	GV ne smije biti prekoračena više od 7 puta tijekom kalendarske godine
Merkaptani (R-SH)	24 sata	3 µg/m <sup>3</sup>	GV ne smije biti prekoračena više od 7 puta tijekom kalendarske godine

Tablica 2 - Granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Razina granične vrijednosti (GV)	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
PM <sub>10</sub>	24 sata	50 µg/m <sup>3</sup>	GV ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom kalendarske godine
	Kalendarska godina	40 µg/m <sup>3</sup>	

Tablica 3 - Ciljne vrijednosti za benzo(a)piren s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Ciljna vrijednost (CV)
Benzo(a)piren u PM <sub>10</sub>	Kalendarska godina	1 ng/m <sup>3</sup>

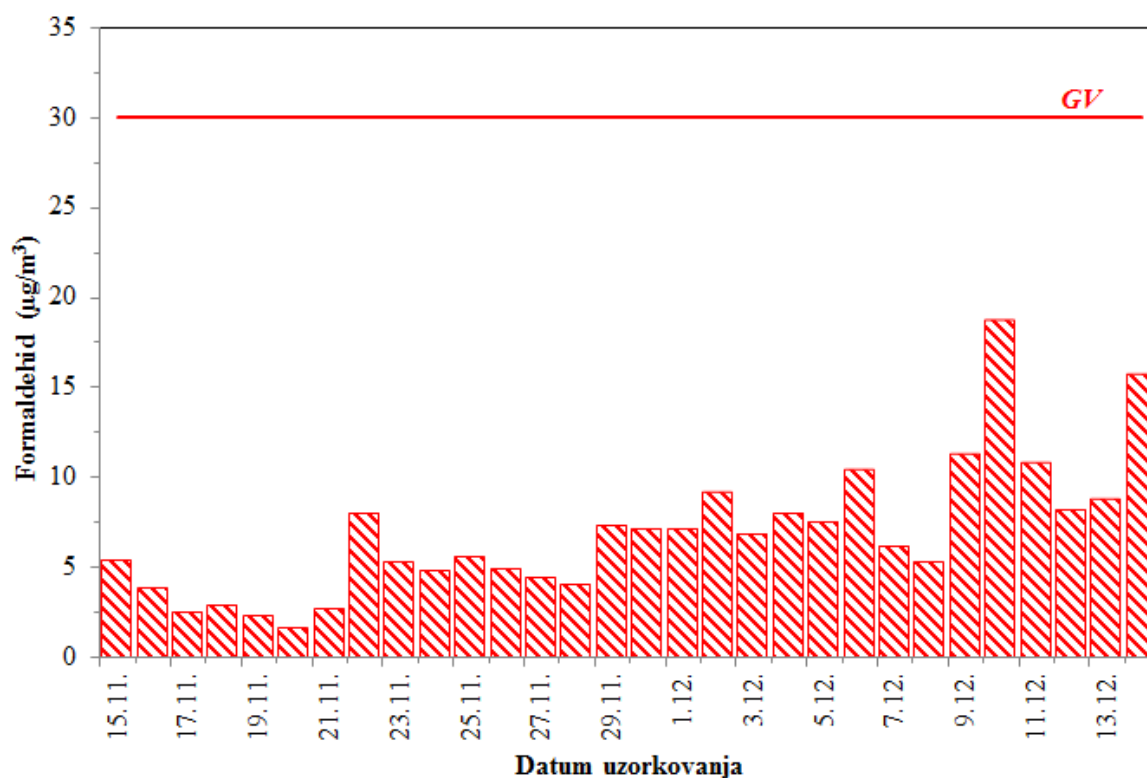
## Formaldehid

U tablici 4 prikazane su srednje vrijednosti i rasponi 24-satnih koncentracija formaldehida izmjereni od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine na postaji za mjerenja posebne namjene na Radničkoj cesti.

Tablica 4 – Srednja vrijednost i rasponi 24-satnih koncentracija formaldehida ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) izmjereni od 15. studenog do 14. prosinca 2016.

Mjerna postaja	N	C	Raspon
Radnička cesta	30	6,93	1,67-18,76

Na slici 1 prikazane su srednje 24-satne koncentracije formaldehida izmjerene na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine.



Slika 1 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija formaldehida na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine

U promatranom razdoblju koncentracije formaldehida nisu prelazile GV za 24-satni uzorak.

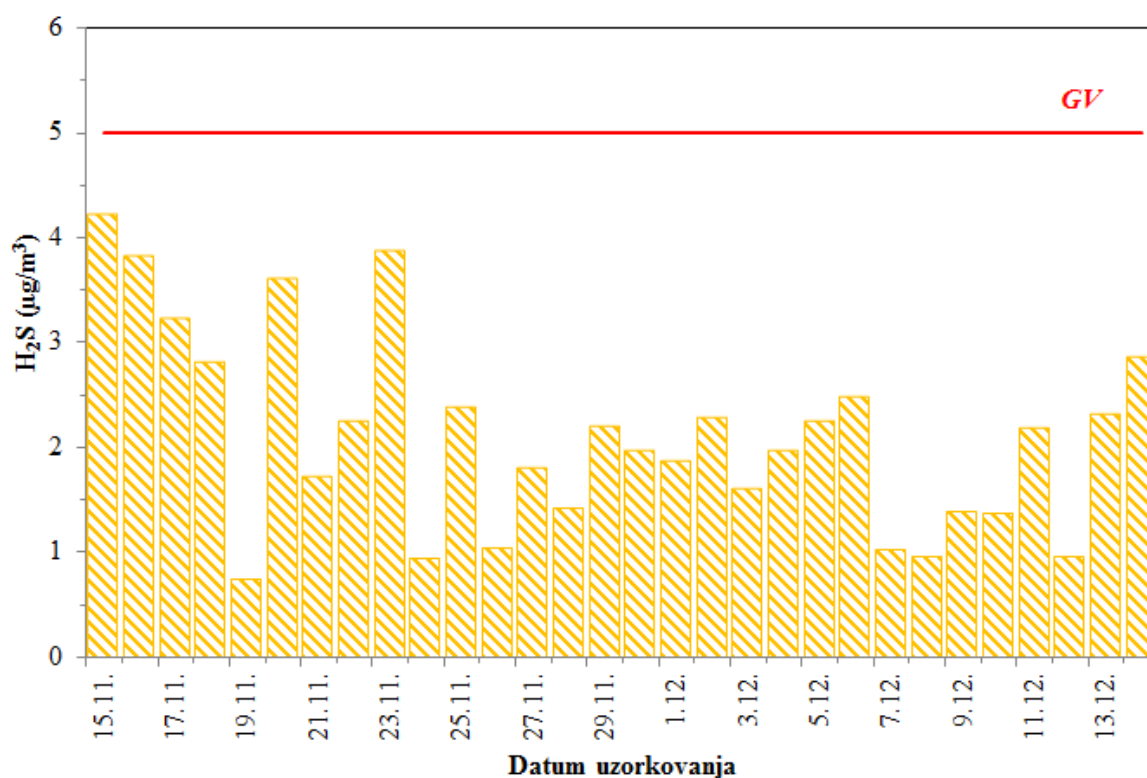
## Sumporovodik

U tablici 5 prikazane su srednje vrijednosti i rasponi 24-satnih koncentracija sumporovodika izmjereni od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine na postaji za mjerenja posebne namjene na Radničkoj cesti.

Tablica 5 – Srednja vrijednost i rasponi 24-satnih koncentracija sumporovodika ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) izmjereni od 15. studenog do 14. prosinca 2016.

Mjerna postaja	N	C	Raspon
Radnička cesta	30	2,12	0,75-4,22

Na slici 2 prikazane su srednje 24-satne koncentracije sumporovodika izmjerene na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine.



Slika 2 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija sumporovodika na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine

Izmjerene koncentracije sumporovodika u promatranom razdoblju nisu prelazile GV za 24-satni uzorak.



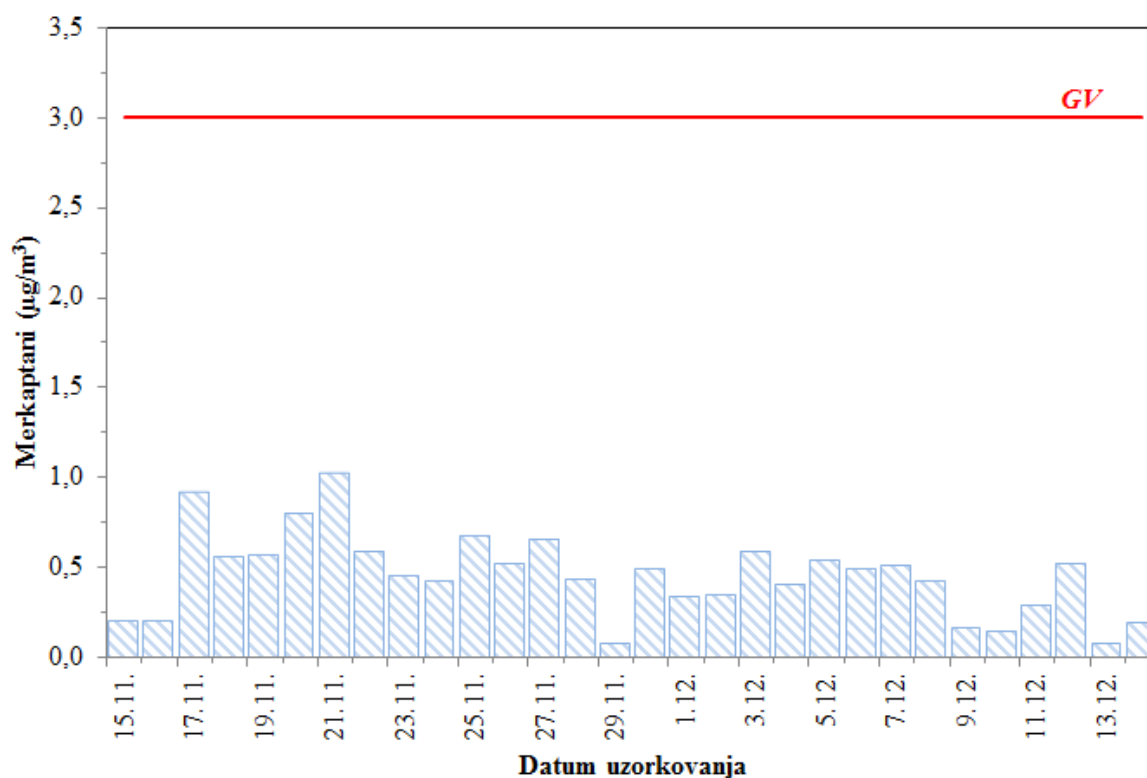
## Merkaptani

U tablici 6 prikazane su srednje vrijednosti i rasponi 24-satnih koncentracija merkaptana izmjereni od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine na postaji za mjerenja posebne namjene na Radničkoj cesti.

Tablica 6 – Srednja vrijednost i rasponi 24-satnih koncentracija merkaptana ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) izmjereni od 15. studenog do 14. prosinca 2016.

Mjerna postaja	N	C	Raspon
Radnička cesta	30	0,46	0,08-1,03

Na slici 3 prikazane su srednje 24-satne koncentracije merkaptana izmjerene na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine.



Slika 3 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija merkaptana na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine

Izmjerene koncentracije merkaptana bile su niske i nije dolazilo do prelaska GV za 24-satni uzorak.

## PM<sub>10</sub> frakcija lebdećih čestica

U tablici 7 prikazane su srednje vrijednosti i rasponi 24-satnih koncentracija PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica izmjerenih od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine na postaji za mjerenja posebne namjene na Radničkoj cesti.

Tablica 7 – Srednja vrijednost i rasponi 24-satnih koncentracija PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) izmjereni od 15. studenog do 14. prosinca 2016.

Mjerna postaja	N	C	Raspon
Radnička cesta	30	77	13 - 224

U tablici 8 prikazana je učestalost pojavljivanja visokih 24-satnih koncentracija PM<sub>10</sub> frakcija lebdećih čestica.

Tablica 8 - Učestalost pojavljivanja visokih 24-satnih koncentracija PM<sub>10</sub> frakcija lebdećih čestica ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) tijekom razdoblja praćenja

Razdoblje praćenja	Broj pojavljivanja 24-satnih koncentracija PM <sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica većih od GV ( $\text{GV}=50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) (GV ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom kalendarske godine)	
	Broj dana	%
15. studenog do 14. prosinca 2016.	24	80,0

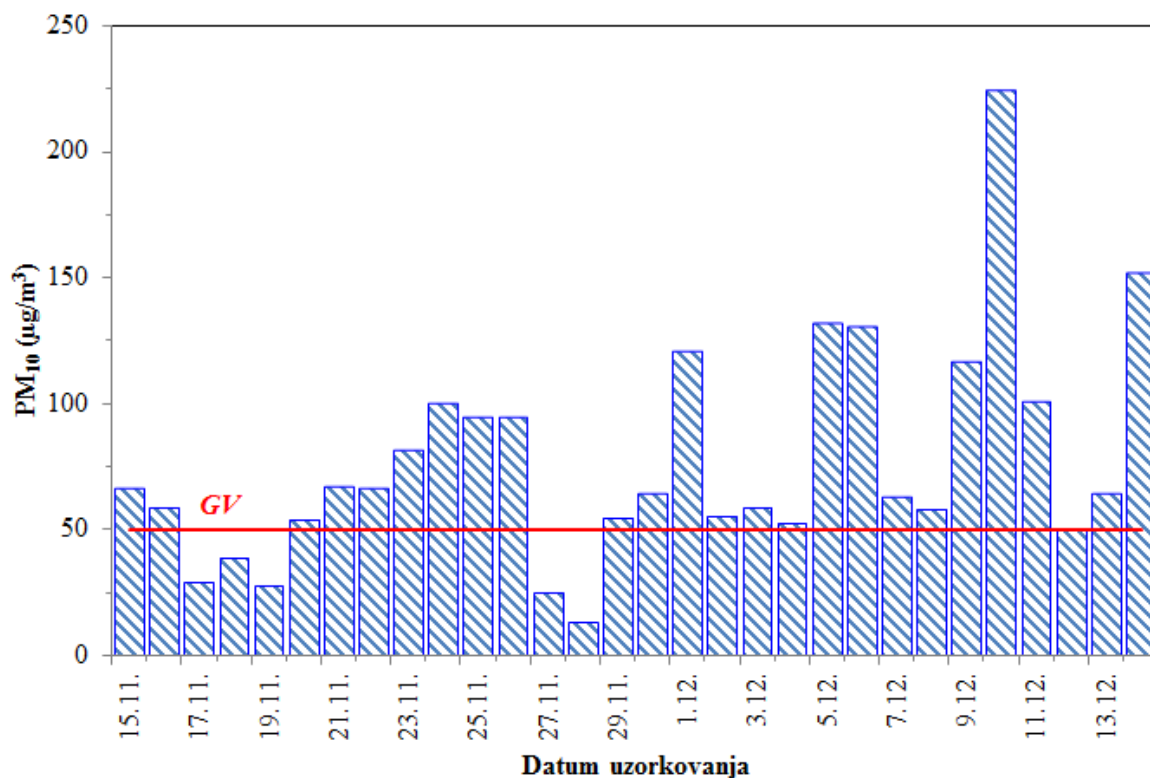
Datumi pojavljivanja 24-satnih koncentracija PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica većih od GV ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) prikazani su u tablici 9.

Tablica 9 – Datumi pojavljivanja 24-satnih koncentracija PM<sub>10</sub> frakcija lebdećih čestica većih od GV ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ )

STUDENI	PROSINAC
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
12 13 14 15 16 17 18	12 13 14 15 16 17 18 19
19 20 21 22 23 24 25	20 21 22 23 24 25 26 27
26 27 28 29 30	28 29 30 31

Tijekom 30 dana mjerenja na Radničkoj cesti granična vrijednost za vrijeme usrednjavanja 24 sata za PM<sub>10</sub> frakciju lebdećih čestica bila je prekoračena 24 dana (dozvoljeno je 35 prekoračenja tijekom kalendarske godine).

Kretanje srednjih 24-satnih koncentracija PM<sub>10</sub> frakcija lebdećih čestica za promatrano razdoblje prikazano je na slici 4.



Slika 4 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine

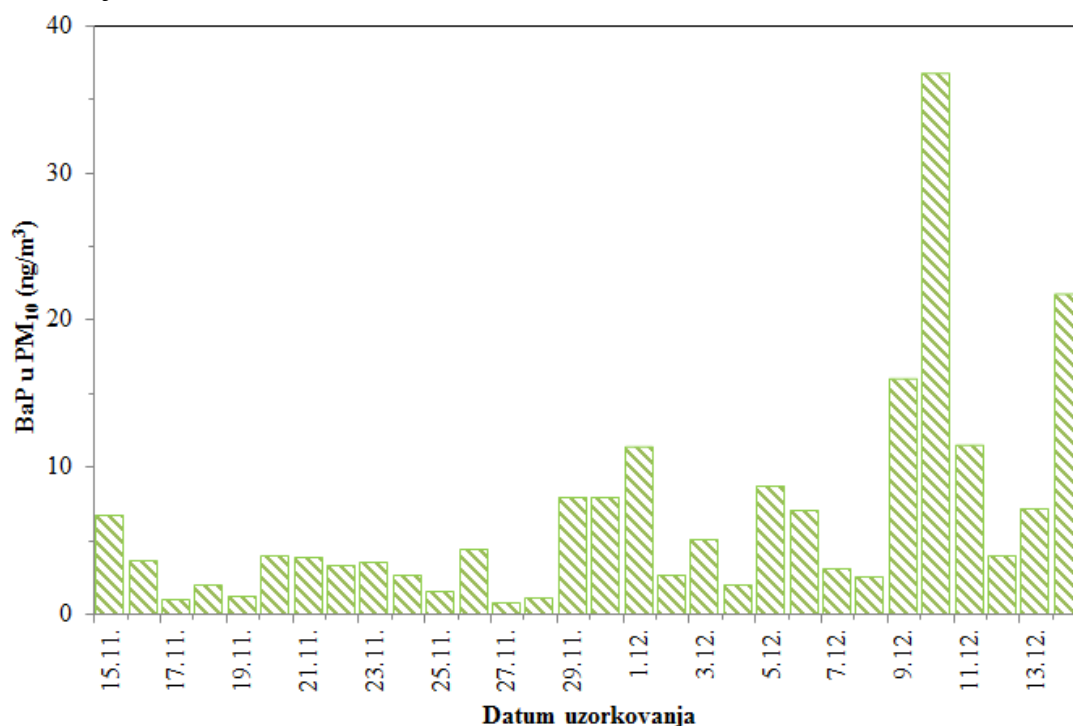
## Benzo(a)piren i ostali policiklički aromatski ugljikovodici u PM<sub>10</sub> frakciji lebdećih čestica

U tablici 10 prikazani su srednje vrijednosti i rasponi 24-satnih koncentracija PAU u PM<sub>10</sub> frakciji lebdećih čestica izmjereni od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine na mjernoj postaji na Radničkoj cesti.

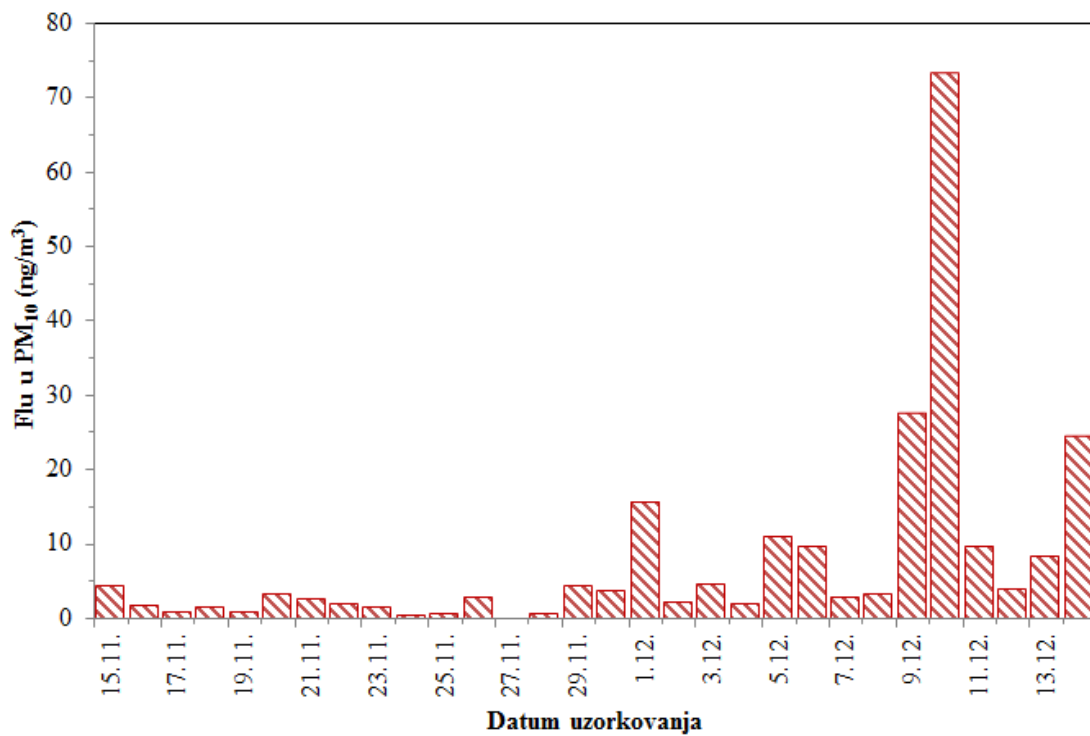
Tablica 9 – Srednja vrijednost i rasponi 24-satnih koncentracija PAU u PM<sub>10</sub> frakciji lebdećih čestica (ng/m<sup>3</sup>) izmjereni od 15. studenog do 14. prosinca 2016.

PAU	N	C	Raspon
BaP	30	6,523	0,792-36,770
Flu	30	7,784	0,357-73,377
Pir	30	8,153	0,459-79,882
BbF	30	8,636	1,771-44,628
BkF	30	2,863	0,544-13,920
DahA	30	0,526	n.d.-2,032
BghiP	30	14,450	2,689-64,866
IP	30	5,679	0,931-26,884

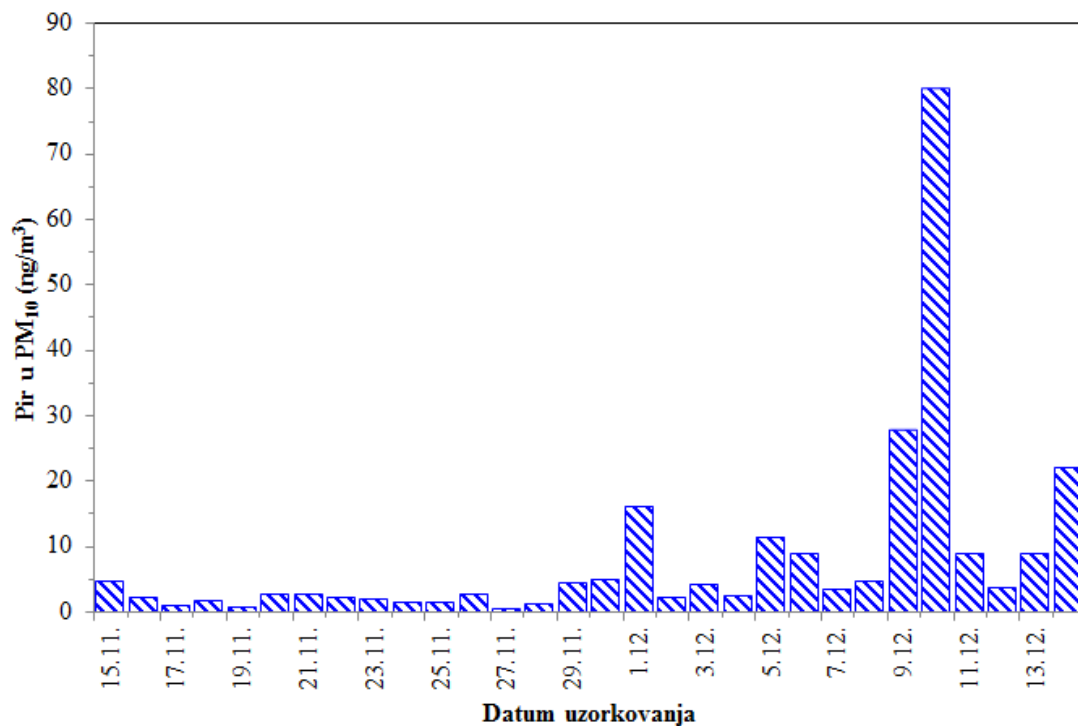
Na slikama 5-12 prikazane su srednje dnevne koncentracije PAU u PM<sub>10</sub> frakciji lebdećih čestica izmjerene od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine na mjernoj postaji na Radničkoj cesti.



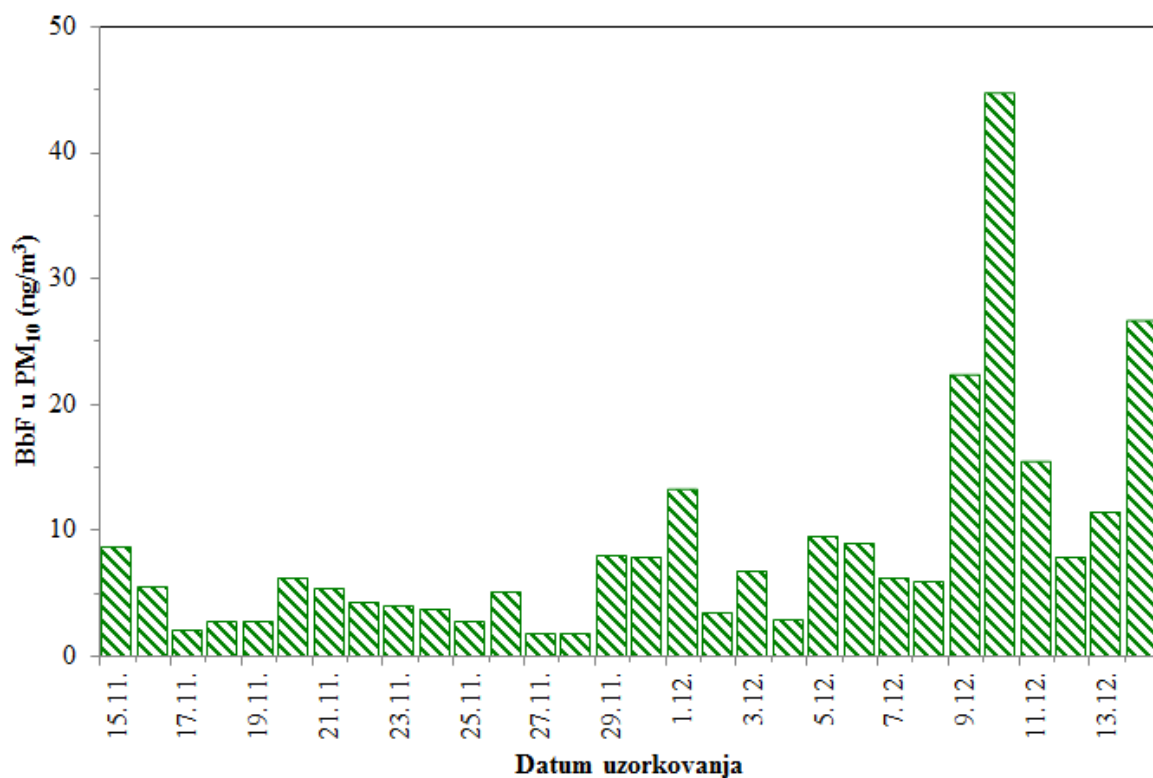
Slika 5 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija BaP u PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine



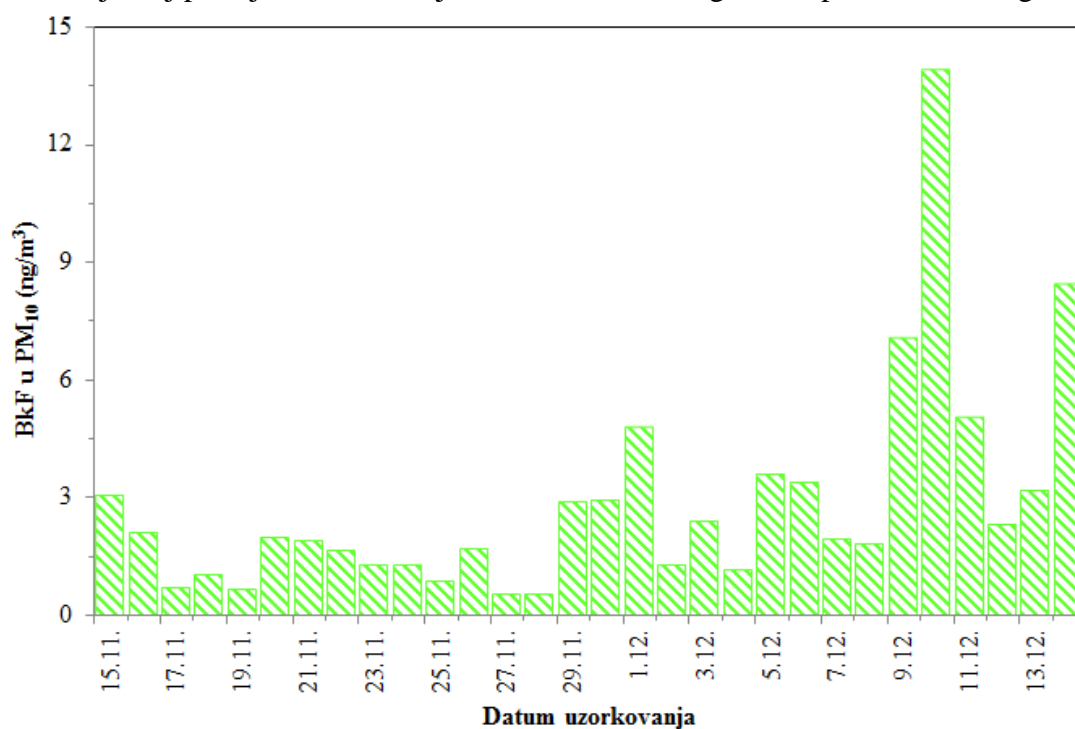
Slika 6 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija Flu u PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica na mjernejoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine



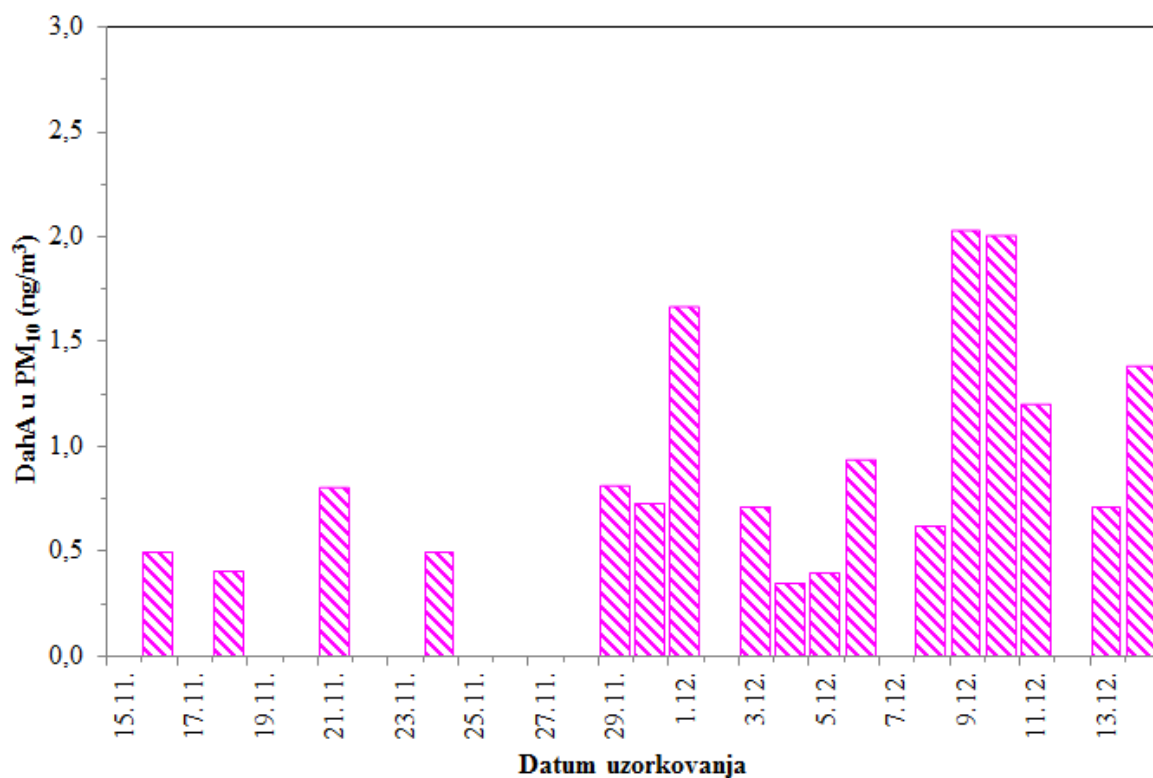
Slika 7 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija Pir u PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica na mjernejoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine



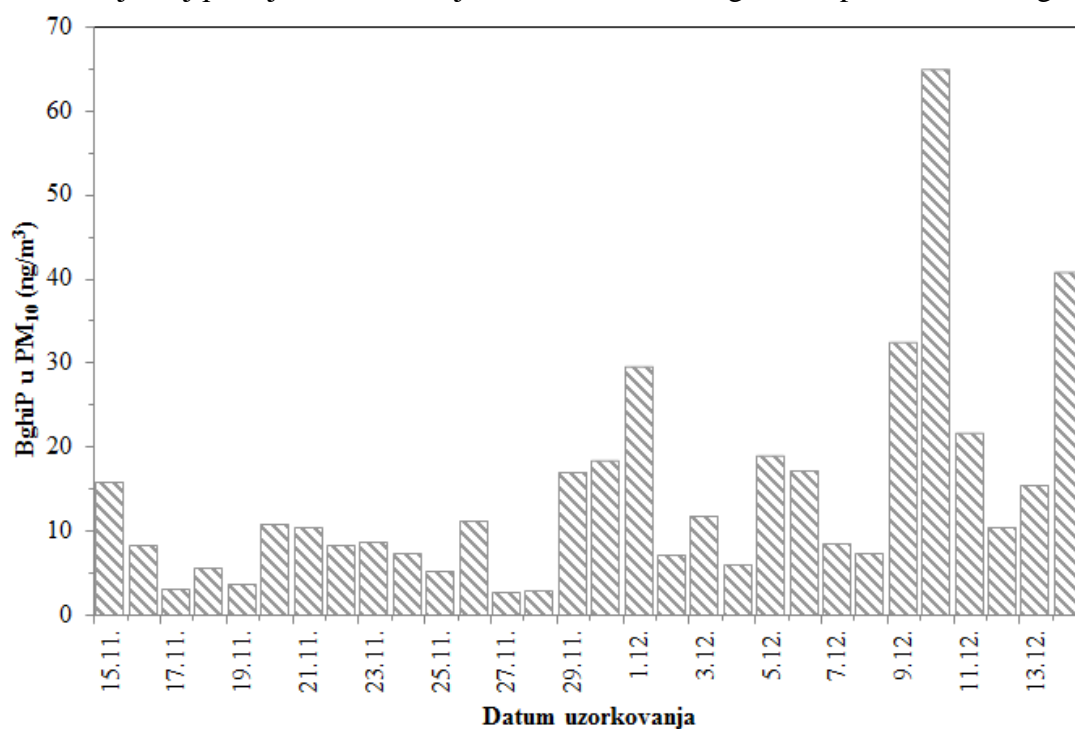
Slika 8 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija BbF u PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine



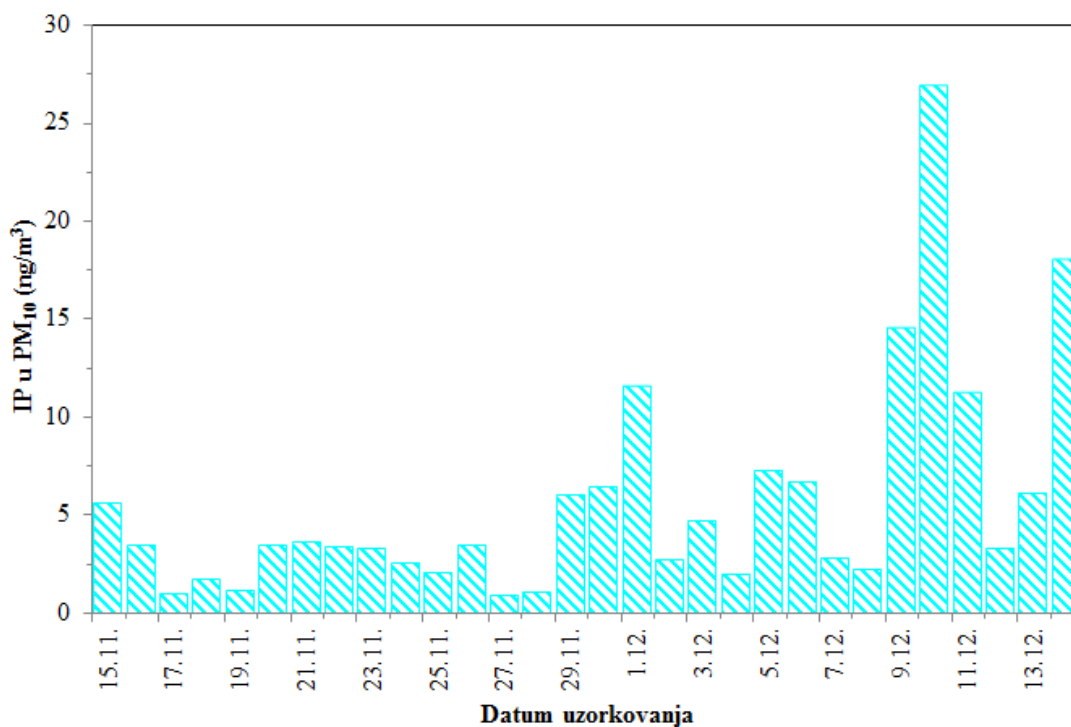
Slika 9 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija BkF u PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine



Slika 10 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija DahA u PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine



Slika 11 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija BghiP u PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine



Slika 12 - Kretanje srednjih dnevnih koncentracija IP u PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica na mjernoj postaji na Radničkoj cesti od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine

Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (2) propisana je ciljna vrijednost jedino za BaP dok se za ostale PAU ne može provesti ocjena kvalitete zraka. Ciljna vrijednost za BaP ( $1 \text{ ng/m}^3$ ) odnosi se na vrijeme usrednjavanja od jedne godine pa premda je tijekom promatranog razdoblja srednja vrijednost mjerenja iznosila  $6,523 \text{ ng/m}^3$ , zbog kratkog razdoblja uzorkovanja dobiveni rezultati ne mogu uspoređivati sa CV.



## ZAKLJUČAK

Mjerenja posebne namjene onečišćujućih tvari u zraku na lokaciji Radnička cesta provedena su od 15. studenog do 14. prosinca 2016. godine. Određivane su svakodnevno 24-satne koncentracije formaldehida, sumporovodika, merkaptana i gravimetrijski PM<sub>10</sub> frakcija lebdećih čestica. U uzorcima PM<sub>10</sub> frakcije lebdećih čestica određivane su koncentracije benzo(a)pirena (BaP) i ostalih policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU).

Razine formaldehida, sumporovodika i merkaptana u navedenom razdoblju nisu prelazile GV za 24-satni uzorak te je kvaliteta okolnog zraka s obzirom na ova onečišćenja zadovoljavala.

Srednja vrijednost koncentracija PM<sub>10</sub> bila je 77 µg/m<sup>3</sup> što je više od GV za godišnji prosjek (40 µg/m<sup>3</sup>), a granična vrijednost za vrijeme usrednjavanja 24 sata bila je prekoračena tijekom 24 dana (dozvoljeno je 35 prekoračenja tijekom kalendarske godine) pa se može zaključiti da je u navedenom razdoblju kvaliteta zraka s obzirom na PM<sub>10</sub> nije bila zadovoljavajuća.

Razine BaP bile su povišene, ali se zbog kratkog razdoblja uzorkovanja dobiveni rezultati ne mogu uspoređivati sa CV (1 ng/m<sup>3</sup>) koja je propisana za vrijeme usrednjavanja od jedne godine. Za ostale PAU nisu propisane granične i ciljne vrijednosti.

## LITERATURA

1. Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine br. 130/2011, Narodne novine br. 47/2014.
2. Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku, Narodne novine broj 117/2012.
3. Pravilnik o praćenju kvalitete zraka, Narodne novine br. 3/2013.
4. Pravilnik o uzajamnoj razmjeni informacija i izvješćivanju o kvaliteti zraka, Narodne novine br. 57/2013.
5. Vađić, V.: Metoda za određivanje vodik-sulfida u atmosferi, Zašt. atm. 10 (1982) 116.
6. Vađić, V., Gentilizza, M., Hršak, J., Fugaš, M.: Determination of Hydrogen Sulphide in the Air, Staub Reinhalt Luft 40 (1980) 73.
7. Moore, H.B.A., Helwig, H.L., Graul, R.J.: A Spectrophotometric Method for the Determination of Mercaptans in Air, Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 21 (1960) 466