

Merenje zagađenja vazduha benzenom u gradu Pančevu

Dragan M. Ugrinov¹, Aleksander M. Stojanov²

¹Zavod za javno zdravlje Pančevo, Pančevo, Srbija

²Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda J.P., Beograd, Srbija

Izvod

U ovom radu su prikazani rezultati merenja koncentracije benzena u ambijentalnom vazduhu grada Pančeva, na dva merna mesta („Vatrogasni dom“ i „Zavod“), 24 h dnevno, 365 dana tokom 2009. godine. Merenja su vršena po Uredbi o uslovima za monitoring i zahtevima kvaliteta vazduha shodno članu 9. stav 3 i člana 18. stav 1. Zakona o zaštiti vazduha (Sl. Glasnik RS 36/09) a po standardu za određivanje koncentracije benzena u vazduhu ambijenta SRPS EN 14662-1, 14662-2, 14662-3. Uzorkovanje je vršeno pumpom uz termalnu desorpciju i gasnu hromatografiju. Analizom dobijenih rezultata, došlo se do zaključka da su srednje godišnje koncentracije benzena iznosile 2,8 i 4,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na mernim mestima „Vatrogasni dom“ i „Zavod“, redom, i obe su u granicama vrednosti definisane Pravilnikom.

Ključne reči: Benzen • Zagađujuće materije • Vazduh

Dostupno na Internetu sa adrese časopisa: <http://www.ache.org.rs/HI/>

Na teritoriji grada Pančeva najznačajnije učešće u aerozagađenju imaju ugljovodonici (benzen, toluene, ksilen), suspendovane čestice i čađ. Sagledavajući potencijalne izvore emisije ugljovodonika na teritoriji Pančeva i njihov prostorni raspored, visoke koncentracije benzena, toluena i ksilena u vazduhu, kao sastavnih komponenata nafte i njenih derivata, potiču iz dva izvora emisije. Mnogi radovi ukazuju na prisustvo benzena u ambijentalnom vazduhu urbanih sredina kao posledicu saobraćaja. Merenjima je pokazano da je u Evropi srednja godišnja vrednost koncentracije benzena najniža u urbanim delovima Kopenhagena (oko 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dok u urbanim delovima Atine srednja godišnja vrednost iznosi 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [1]. Prisustvo benzena u ovim gradovima je uglavnom od saobraćaja a razlike u koncentracijama su posledica različitih metereoloških uslova. Zbog toga je bilo neophodno ispitati i proceniti doprinose različitih izvora emisija koji su odgovorni za pojavu visokih koncentracija benzena u vazduhu grada Pančeva. Na osnovu sagledavanja tehnoloških procesa u fabrikama Južne industrijske zone i podataka dobijenih kontinualnim monitoringom vazduha ambijenta, utvrđeno je da su dominantni izvori emisija benzena unutar NIS Rafinerije nafte a odmah zatim HIP Petrohemije [2]. Takođe, jedan deo prisutnog benzena potiče i od saobraćaja, čiji se doprinos nesme zanemariti.

TOKSIKOLOŠKI UTICAJ BENZENA

Benzен (C_6H_6 , molekularna masa 78, gustina 0,88 kg/m^3 ; tačka ključanja 80,1 °C; napon pare 75 mm Hg

Prepiska: A. M. Stojanov, Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograda J.P., Njegoševa 84, Beograd, Srbija.

E-pošta: stojanovaaleksander@gmail.com

Rad primljen: 24. novembar, 2010

Rad prihvaćen: 28. decembar, 2010

STRUČNI RAD

UDK 504.5:547.532(497.11 Pančevo)

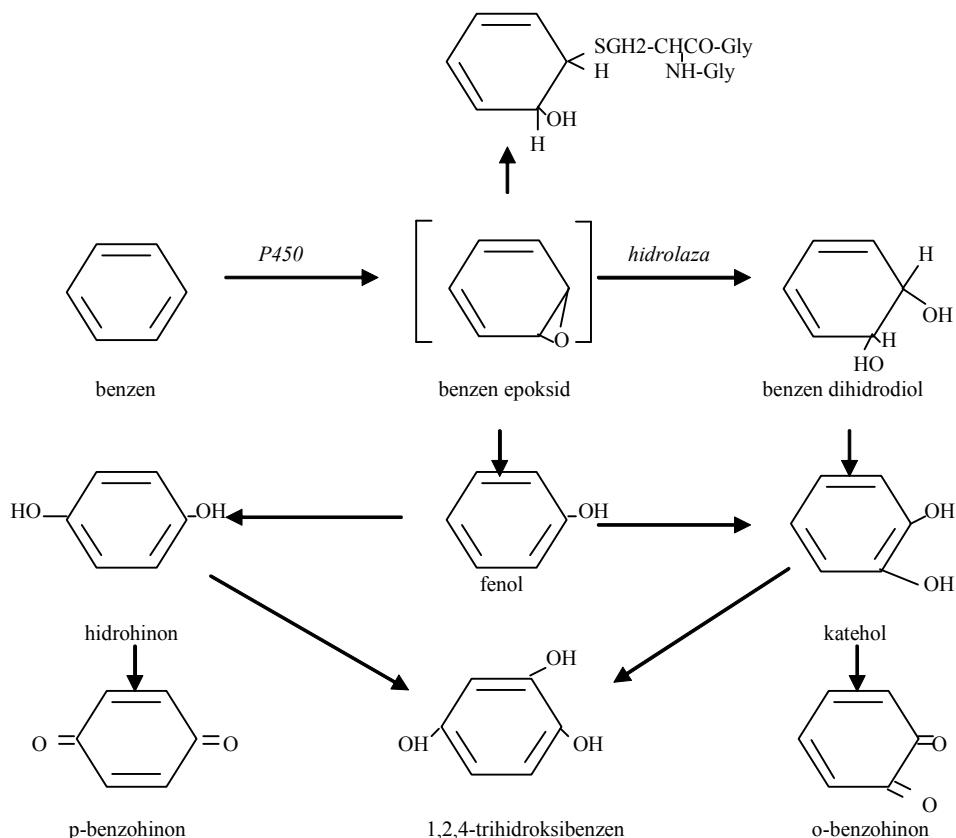
Hem. Ind. 65 (2) 211–217 (2011)

doi: 10.2298/HEMIND101124079U

na 20 °C) bezbojna je, isparljiva i lako zapaljiva tečnost karakterističnog mirisa, slabo rastvorna u vodi. Pare benzena su eksplozivne [1]. Benzen se dobija destilacijom kamenog uglja i sirove nafte. Koristi se kao polazna sirovina za sintezu brojnih aromatičnih jedinjenja, kao što su stiren, fenol, cikloheksan, nitrobenzen i određenih lekova, pesticida i deterdženata. Nalazi se u rastvaračima za voskove, smole, kaučuk, plastiku, lakove, lepkove i sl. Poslednjih godina njegova primena kao rastvarača, zbog toksičnosti, opada, a u mnogim zemljama je zabranjen. Benzen se kao kontaminant može naći u benzину. Kako proizvodnja bezolovnog benzina raste, tako je i sadržaj benzena u benzинu veći. Povećanom riziku od štetnog delovanja benzena izloženi su radnici u rafinerijskoj i petrohemijskoj industriji, radnici u proizvodnji sintetičkih lepkova i lakova. Sama postrojenja i fabrike su ujedno i potencijalni izvori emisije benzena u životnu sredinu [1].

Benzen u organizam ulazi inhalacijom u obliku para i apsorpcija se uglavnom odvija u plućima, a pri direktnom kontaktu kože i tečnog benzena moguća je apsorpcija i kroz intaktnu kožu. Benzen u organizmu podleže biotransformaciji u kojoj učestvuju brojne reakcije oksidacije, hidroksilacije i konjugacije. Toksikološki je posebno važna prva faza u oksidaciji benzena, kada se u jetri stvara benzen epoksid [3]. Slika 1 pokazuje način biotransformacije benzena. Otvaranjem prstena benzen epoksida nastaju toksični metaboliti benzena: fenol, hidrohinon i mukonaldehid. Najveći deo benzena se izlučuje urinom u obliku fenola konjugovanog sa sumpornom ili glukuroniskom kiselinom u obliku fenilsumporne i fenilglukuronske kiseline.

Najozbiljniji toksični efekti benzena su aplastična anemija, koja može biti fatalna, i akutna mijelogenična leukemija. Hidrohinon inhibira aktivaciju interleukina-1 u koštanoj srži, koji je neophodan za njeno fiziološko funkcionisanje, pa se smatra da je to jedan od meha-



Slika 1. Biotransformacija benzena.

Figure 1. Biotransformation of benzene.

nizama kojim nastaje aplastična anemija. Često se između prekida ekspozicije i pojave aplastične anemije nalazi latentni period od nekoliko godina. Prvi simptomi su zamor, vrtoglavica, slabost, zatim krvarenje sluzokozhe i aplastična anemija. Drugi značajan efekat hroničnog trovanja benzenom ispoljava se na nervnom sistemu. Najčešće opisani efekti hroničnog delovanja definisani su na nivou promene ponašanja i koordinacije pokreta, no oni su uočljivi i pri ekspoziciji drugim organskim rastvaračima. Kao i drugi organski rastvarači, i benzen u visokim koncentracijama oštećuje srčani mišić i dovodi do poremećaje srčanog ritma. Osobe sa znacima hroničnog trovanja benzenom moraju prekinuti dalji kontakt sa noksom. Ne postoji specijalna metoda lečenja, a lekovi koji se daju zavise od stepena oštećenja [4]. Američka agencija za zaštitu okoline (*Environmental Protection Agency – EPA*) i Međunarodna agencija za istraživanje raka (*International Agency for Research on Cancer – IARC*) svrstavaju benzen među karcinogene supstance za ljude.

UTICAJ JUŽNE INDUSTRIJSKE ZONE NA ZAGAĐENOST VAZDUHA BENZENOM GRADA PANČEVA

U industrijskoj zoni Pančeva nalazi se NIS Rafinerija nafte, HIP Petrohemija i industrija veštačkih đubriva

Azotara. Analizirajući položaj južne industrijske zone u odnosu na grad Pančeve, naselje Starčevo i dominantne pravce vetra, jasno je da je Južna industrijska zona postavljena mimo svih pravila prostornog planiranja. Južna industrijska zona je na pravcu uticaja dva dominantna veta: jugoistočnog i severozapadnog. Kako je grad Pančeve u odnosu na Južnu industrijsku zonu orientisan u severozapadnom segmentu, to jugoistočni vetrovi nose zagađujuće materije na grad Pančeve. Starčevo je u odnosu na Južnu industrijsku zonu orientisano u jugoistočnom segmentu, pa severozapadni vetrovi nose zagđujuće materije iz Južne zone ka Starčevu.

Analizom rezultata merenja mreže jednočasovnog kontinuiranog monitoringa ambijentalnog vazduha u urbanim delovima grada Pančeva i učestalosti pojave visokih koncentracija benzena, konstatovano je da se maksimalne vrednosti uglavnom javljaju noću i u ranim jutarnjim časovima i to se na osnovu dosadašnjih rezultata merenja može usvojiti kao zakonitost. Pojava visokih koncentracija u noćnim i jutarnjim časovima ukazuje na atmosfersku pojavu, tzv. temperaturnu inverziju atmosfere, kada dolazi do sruštanja zagađujućih materija iz gornjih slojeva atmosfere u prizemni sloj i kao posledica toga merni uređaji registruju povisene koncentracije. Sa izlaskom sunca i otopljavanjem zemljine povr-

šine dolazi do podizanja sadržaja iz prizemnog sloja atmosfere u gornje slojeve, i kao posledica toga koncentracija u prizemnom sloju opada a merni uređaji registriraju pad koncentracije [5].

Pravilnikom o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijumima za uspostavljanje mernih mesta i evidencije podataka (Sl. Glasnik R.S. br. 54/92), granična vrednost koncentracije za benzen iznosila je $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do 1999. godine, a dopunom tog Pravilnika u 1999. god. postavljena je granična vrednost imisije $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za benzen, bez prelaznih odredbi u periodu prilagođavanja novom standardu.

Dopunom ovog pravilnika (Sl. Glasnik br. 19 od 07.03.2006. god.) granična vrednost imisije za benzen je $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ uprosećeno na jednu godinu. U naseljenim područjima u kojima je prekoračena propisana granična vrednosti zbog postojećih izvora zagađenja to prekoračenje može iznositi najviše $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (100%) do 2015. godine, s tim da se svakih 12 meseci počev od 2006. god. smanjuje najmanje za po $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ [6].

ZAGAĐENOST VAZDUHA BENZENOM NA PODRUČJU GRADA PANČEVA TOKOM 2009.GODINE

Tokom 2008. godine, Zavod za javno zdravlje Pančevo vršio je merenje zagađenosti vazduha u gradu Pančevo na dva merna mesta: „Vatrogasni dom“ i „Zavod za javno zdravlje“, prema Uredbi o utvrđivanju programa kontrole kvaliteta vazduha i prema važećem Programu kontrole kvaliteta vazduha u 2006. i 2007. godini (program za 2008. i 2009. godinu nije objavljen). Takođe, Zavod za javno zdravlje Pančevo vršio je tokom 2008. godine merenje zagađenosti vazduha u gradu Pančevo na dva dodatna merna mesta gradske zone: „Strelište“ (Zdravstvena stanica) i „Nova Misa“ (Gornjačka 21).

Merna mesta „Zavod za javno zdravlje“ i „Vatrogasni dom“ spadaju u lokalnu mrežu urbanih stanica za merenje imisija osnovnih i specifičnih zagađujućih materija, definisanu Uredbom o utvrđivanju Programa kontrole kvaliteta vazduha i odgovarajućim dvogodišnjim programom.

Merno mesto „Zavod“ (nv 77m, N $44^{\circ} 52' 04,6''$ E $20^{\circ} 39' 11,1''$) reprezentuje središnju gradsku zonu (centar grada). Ovo mesto služi kao referentno, aktivno je više godina i na njemu se ispituju prosečne 24-časovne koncentracije zagađujućih materija u vazduhu.

Drugo merno mesto, „Vatrogasni dom“ (n.v. 77 m, N $44^{\circ} 51' 33,1''$ E $20^{\circ} 39' 00,1''$), nalazi se na pravcu dominantnog vетра koji duva od industrijske zone prema naselju Sodara, odakle je, tokom proteklih godina, dolazilo najviše primedbi na kvalitet vazduha (ne računajući naselje Vojlovica koje je praktično u samoj industrijskoj zoni). Mesto je odabранo krajem 1990. godine, na predlog opštinskog Sekretarijata za zaštitu životne sredine. Do sada je lokacija „Vatrogasni dom“ prva re-

gistrovala povećane koncentracije benzena, te je kao takva pogodna kako za prosečna 24-časovna merenja tako i za osmatranja i organoleptička ocenjivanja. Pogodna je i za različita ciljana merenja. Koordinate i nadmorska visina mernih mesta potvrđene su merenjima pomoću modernih navigacionih uređaja, od strane odgovarajuće Republičke agencije.

Tokom 2009. godine, Zavod za javno zdravlje Pančevo je vršio svakodnevna merenja osnovnih i specifičnih zagađujućih materija u vazduhu i to:

- osnovne zagađujuće materije: Sumpor-dioksid, svakodnevno, 24-časovno na dva merna mesta („Zavod“ i „Vatrogasni dom“), azot-dioksid, svakodnevno, 24-časovno na dva merna mesta („Zavod“ i „Vatrogasni dom“), čađ, svakodnevno, 24-časovno, na četiri lokacije u gradu („Zavod“, „Vatrogasni dom“, „Strelište“ i „Nova Misa“), ukupne suspendovane čestice, svaki treći dan, 24-časovno na mernom mestu „Strelište“ i ukupne taložne materije, mesečno, na dve lokacije u gradu („Zavod“ i „Vatrogasni dom“);

- specifične zagađujuće materije: amonijak, svakodnevno, 24-časovno na dva merna mesta („Zavod“ i „Vatrogasni dom“), benzen, toluen i ksilen, svakodnevno, 24-časovno, na dva merna mesta („Zavod“, „Vatrogasni dom“), 6 toksičnih metala (Pb, Cd, Zn, Hg, Ni i Cr), naknadnom obradom svakog trećeg uzorka TSP-a na mernom mestu „Strelište“ (svakog devetog dana) i 6 toksičnih metala iz svakog uzorka taložnih materija.

METODOLOGIJA MERENJA

Za realizaciju merenja korišćene su standardne metode i procedure prema Pravilniku o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijuma za uspostavljanje mernih mesta i evidenciji podataka (Sl. Glasnik R.S. br. 54/92, 30/99 i 19/06). Zavod za javno zdravlje Pančevo akreditovao je metode za određivanje parametara kvaliteta vazduha, uključujući uzorkovanje, prema Standardu SRPS ISO/IEC 17025.

Merni uređaji

Uzorkovanje benzena, toluena i ksilena vršeno je teflonskom kesom, pomoću visokokvalitetnih pumpi malog protoka Gillian LFS113D, a analizirani metodom gasne hromatografije na uređaju DANI, u čijem je sastavu i uređaj za termalnu desorpciju.

REZULTATI MERENJA KONCENTRACIJE BENZENA U VAZDUHU U 2009. GODINI

Statistički obrađeni rezultati merenja benzena na godišnjem nivou prikazani su tabelarno u godišnjem izveštaju izmerenih koncentracija osnovnih i specifičnih zagađujućih materija koje je sproveo Zavod za zaštitu zdravlja Pančevo 2009. godine. Tabela 1 prikazuje rezultate merenja sa mernog mesta „Zavod“, a tabela 2 rezultate merenja sa mernog mesta „Vatrogasni dom“.

Slike 2 i 3 prikazuju vrednosti benzena u ambijentalnom vazduhu na mernim mestima „Zavod“ i „Vatrogasni dom“.

U tabeli 3 prikazani su rezultati merenja 24-časovnih imisionih koncentracija benzena od 1999. do 2009. godine za merna mesta „Vatrogasni dom“ i „Zavod“ [7].

DISKUSIJA REZULTATA MERENJA

Benzen je na mernom mestu „Vatrogasni dom“ meren tokom 2009. godine u 362 uzoraka vazduha [7]. Prosečna godišnja koncentracija na lokaciji „Vatrogasni dom“ iznosila je: $c_{sr} = 2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (srednja godišnja koncentracija), $c_{98} = 8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $c_{max} = 19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8. januar 2009.).

Na mernom mestu „Vatrogasni dom“ tokom 2009. godine vrednosti izmerenih koncentracija benzena bile su $2,5$ i $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Na mernom mestu „Zavod“ benzen je meren tokom 2009. godine u 363 uzoraka vazduha [7]. Prosečna godišnja koncentracija na lokaciji „Zavod“ iznosila je: $c_{sr} = 4,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a $c_{98} = 12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $c_{max} = 21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (26. novembar 2009.).

Na lokaciji „Zavod“ tokom 2009. godine izmerene koncentracije benzena kretale su se od $2,5$ do $7,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a najčešće oko $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Prosečne godišnje koncentracije benzena na oba lokaliteta manje su u odnosu na 2008. godinu; obe su u okviru norme koju za godišnji nivo predviđa Pravilnik ($5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabela 1. Osnovne i specifične zagađujuće materije merene tokom 2009. godine na mernom mestu „Zavod“
Table 1. Basic and specific pollutants measured during 2009 at the measuring point „Zavod“

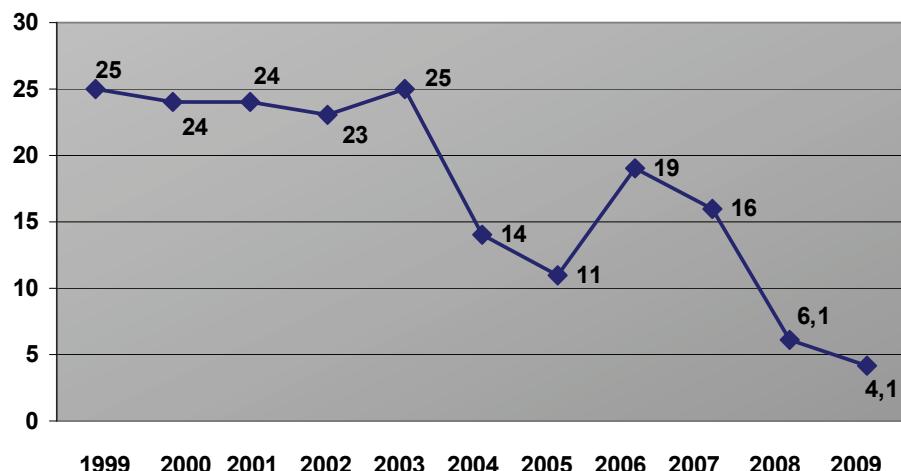
Parametar	Jed. mere	N (broj merenja)	c_{sr} (srednja godišnja vrednost koncentracije)	c_{50} (mediana)	c_{98} (frekvencija visoke koncen-	c_{min} (minimalna vrednost koncen-	c_{max} (mak-	Statistički pokazatelj		
								tracija)	tracija)	tracija)
Osnovne	Sumpor-dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	361	9,0	8,0	19	8	25	150	0
	Čađ	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	362	30	19	119	2	271	50	59
	Ukupne taložne materije	$\text{mg m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$	12	86	86	—	19	152	—	—
	Azot-dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	362	22	20	47	1	63	85	—
Specifične	Amonijak	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	362	12	12	29	2,5	61	100	—
	Toluen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	363	5,4	5	13	1	20	7500	—
	Benzen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	363	4,1	4	12	1	21	8,5 ^a	—
	Ksilen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	363	2,7	2	10	1	20	b	—

^aGranična vrednost imisije data je na godišnjem nivou za 2009. godinu; ^bgranična vrednost za ksilen nije normirana važećim Pravilnikom

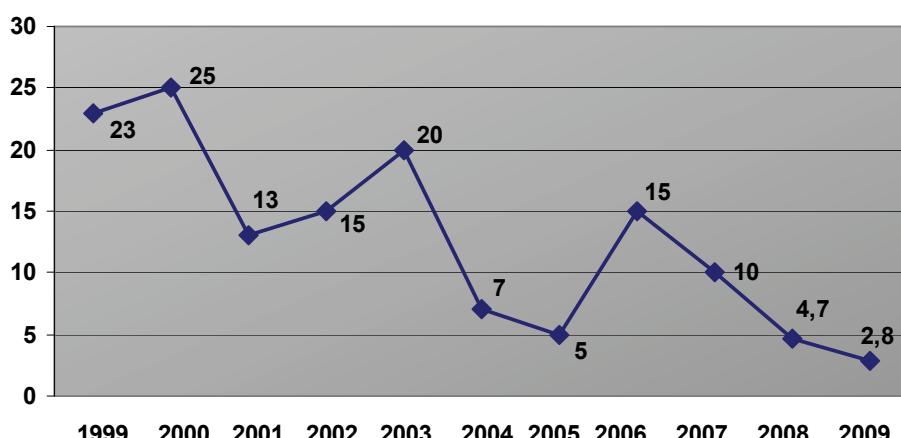
Tabela 2. Osnovne i specifične zagađujuće materije merene tokom 2009. godine na mernom mestu „Vatrogasni dom“
Table 2. Basic and specific pollutants measured during 2009 at the measuring point “Vatrogasni dom”

Parametar	Jed. mere	N (broj merenja)	c_{sr} (srednja godišnja vrednost koncentracije)	c_{50} (mediana)	c_{98} (frekvencija visoke koncen-	c_{min} (minimalna vrednost koncen-	c_{max} (mak-	Statistički pokazatelj		
								tracija)	tracija)	tracija)
Osnovne	Sumpor-dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	361	9,0	8,0	19	8	25	150	0
	Čađ	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	362	30	19	119	2	271	50	59
	Ukupne taložne materije	$\text{mg m}^{-2} \text{ dan}^{-1}$	12	86	86	—	19	152	—	—
	Azot-dioksid	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	362	22	20	47	1	63	85	—
Specifične	Amonijak	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	362	12	12	29	2,5	61	100	—
	Toluen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	363	5,4	5	13	1	20	7500	—
	Benzen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	363	4,1	4	12	1	21	8,5 ^a	—
	Ksilen	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	363	2,7	2	10	1	20	b	—

^aGranična vrednost imisije data je na godišnjem nivou za 2009. godinu; ^bgranična vrednost za ksilen nije normirana važećim Pravilnikom



Slika 2. Srednje godišnje koncentracije benzena u vazduhu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), na mernom mestu „Zavod“ za period 1999–2009. godina.
Figure 2. Average yearly concentration of benzene in air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) at measuring point „Zavod“ from 1999 to 2009.



Slika 3. Srednje godišnje koncentracije benzena u vazduhu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), na mernom mestu „Vatrogasni dom“ za period 1999–2009. godina.
Figure 3. Average yearly concentration of benzene in air ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), at measuring point „Vatrogasni dom“ from 1999 to 2009.

U poslednjih deset godina na lokaciji „Vatrogasni dom“ trend prosečnih godišnjih koncentracija u prve dve godine beleži rast, u narednoj godini opada, a zatim opet raste do 2003. nakon koje opada do 2006. godine, u 2006. beleži porast, dok od 2007. opada do normi predviđenih nacionalnim standardom.

Tendencija prosečnih godišnjih koncentracija benzena na lokaciji „Zavod“ u poslednjih deset godina je stagnantan do 2003. godine, zatim opada do 2006., u 2006.raste, a od 2007. opada i u zadnjoj, 2008. godini, dostiže normu predviđenu nacionalnim standardom.

Predlog mera

Generalno se može usvojiti da je problem zagađenja vazduha grada Pančeva složen i da posledično uzročne veze između koncentracija benzena u ambijentalnom vazduhu i njegovih izvora emisije nisu jednostavne, počev od složenih metereoloških uslova preko velikog broja različitih izvora emisije. Izvori emisije industrijske zone grada Pančeva različitih su konstrukcionalnih rešenja,

visina i emituju različiti spektar zagađujućih materija. Na zagađenost vazduha grada Pančeva ne utiču svi izvori emisije podjednako. Sadržaj karakterističnih štetnih materija u ambijentalnom vazduhu može se smanjiti jedino ukoliko se kontrolišu njihovi izvori emisije [8]. U slučaju Pančeva, moraju se kontrolisati izvori emisija RNP i HIP-Petrohemije. Kontrolisana emisija na evidentiranim izvorima ovih fabrika može se izvesti jedino u slučajevima maksimalne hermetizacije postrojenja [2]. Hermetizacija postrojenja za preradu, skladištenje i otpremanje svih vrsta derivata je neophodana i prioritetsna, počev od procesa otpremanja na auto i vagon pretakalištima, kako RNP tako i u HIP Petrohemiji. Nove tehnologije u prometu naftnih derivata podrazumevaju primenu regulacione i sigurnosne opreme za postizanje potrebnog stepena bezbednosti od isparavanja ugljovodonika i akidentalnih situacija kao što su prelivanja, curenja, eksplozije, požari i sl. [9]. Predlog mera za postizanje boljeg kvaliteta vazduha u Pančevu podrazumeva niz onih mera koje se moraju sistematski i kontinuir-

Tabela 3. Desetogodišnji pregled rezultata merenja imisionih koncentracija benzena ($\mu\text{m}/\text{m}^3$) na mernim mestima „Zavod“ i „Vatrogasni dom“

Table 3. Benzene concentration at the measuring points of “Zavod” and “Vatrogasni dom” over the course of 10 years

Merno mesto „Zavod“						
Godina	Broj podataka	c_{sr}	c_{min}	c_{max}	$GVI_{24\text{ h}}$	$>GVI$
1999	342	25	3	114	0	342
2000	330	24	4	103	0	330
2001	252	24	3	201	0	252
2002	224	23	3	99	0	224
2003	45	25	4	136	0	45
2004	114	14	0	84	0	109
2005	112	11	0	55	0	106
2006	137	19	1	88	$c_{sr}(1 \text{ god}) = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
2007	361	16	1	111	$c_{sr}(1 \text{ god}) = 9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
2008	364	6,1	1	47	$c_{sr}(1 \text{ god}) = 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
2009	363	4,1	1	21	$c_{sr}(1 \text{ god}) = 8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Merno mesto „Vatrogasni dom“						
1999	340	23	3	197	0	340
2000	332	25	5	155	0	332
2001	254	13	2	75	0	254
2002	224	15	0	87	0	223
2003	43	20	0	136	0	42
2004	115	7	0	34	0	106
2005	89	5	0	39	0	75
2006	137	15	1	72	$c_{sr}(1 \text{ god}) = 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
2007	364	10	1	261	$c_{sr}(1 \text{ god}) = 9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
2008	361	4,7	1	42	$c_{sr}(1 \text{ god}) = 9 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
2009	362	2,8	1	19	$c_{sr}(1 \text{ god}) = 8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$	

rano sprovoditi, da bi se u što kraćem vremenskom periodu dostigle norme koje Zakon predviđa za pojedine zagađujuće materije.

Drugi cilj sa kojim se mere sprovode jeste da se tokom vremena postignu minimalne koncentracije zagađujućih supstanci, tj. koncentracije koje su mnogo niže od propisanih normi, a sve s ciljem zaštite zdravlja ljudi i životne sredine. Vezano za najznačajnije zagađujuće supstance u vazduhu Pančeva treba naglasiti da njihovo prisustvo u vazduhu potiče od emisije iz raznih izvora: individualnih ložišta, kotlarnica, industrijskih dimnjaka, vozila iz saobraćaja, nehigijenskih deponija i divljih smeštlišta, te su mnogostrukе i mere koje je u smislu smanjenja njihovog prisustva u vazduhu potrebno preuzeti.

Regulacija saobraćaja u smislu usklađivanja protoka vozila na saobraćajnicama, kontrola izdunivih gasova automobila kao i „podmlađivanje“ individualnog i javnog voznog parka doprinelo bi smanjenju zagađenja vazduha.

Značajan doprinos bi dalo osavremenjavanje rada benzinskih pumpi (zatvorenim sistemom istakanja goriva), ali više od toga doprineo bi bolji kvalitet benzina u distribuciji.

Takođe, neophodna je izrada Nacionalnog katastra zagađivača kao i Integralnog katastra zagađivača. Integralni katastar zagađivača jeste skup informacija i podataka o zagađivačima životne sredine, odnosno predstavlja registar svih ljudskih aktivnosti koje mogu imati negativan uticaj na kvalitet životne sredine na nekom prostoru [10]. Pored osnovnih podataka o procesnom sistemima, zagađivači će morati da daju podatke o tome koje štetne i opasne materije ispuštaju u životnu sredinu, s kojih emitera i u kojim količinama.

Određene mere potrebno je sprovoditi svakodnevno i dugoročno sa krajnjim ciljem da se kvalitet vazduha u Pančevu popravi do nivoa koji su prihvatljivi sa aspekta kratkoročnog i dugoročnog uticaja na zdravlje ljudi.

ZAKLJUČAK

Posle mnogo godina i dosta uloženog napora od strane zajednice i industrije, koncentracije benzena na oba merna mesta su u poslednje dve godine u okviru norme predviđene nacionalnim standardom, s tim da su u poslednjoj 2009. niže nego u 2008. godini. Prosečna godišnja koncentracija je niža na mernom mestu „Vatrogasni dom“ ($2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) nego na mernom mestu

„Zavod“ ($4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ostali parametri koji su mereni u vazduhu Pančeva tokom 2008.godine nisu značajno učestvovali u zagađivanju vazduha, sa aspekta važećeg Pravilnika. Značajne mere koje bi doprinele smanjenju zagađenja vazduha benzenom jesu kontrola izvora emisije i hermetizacija postrojenja Rafinerije nafte Pančevo i HIP Petrohemije. Značajnom smanjenju zagađenja doprinela bi i kontrola izduvnih gasova automobila i obnova vozognog parka, kao i osavremenjavanje benzinskih pumpi. Ne manji značaj imala bi i izrada Nacionalnog i Integralnog katastra zagađivača, a sve u cilju zaštite životne sredine i zdravlja ljudi.

LITERATURA

- [1] Izveštaj o ispitivanju uzroka i stepena zagađenja vazduha štetnim i opasnim materijama na teritoriji grada Pančeva, Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju – Centar za hemiju, Univerzitet u Beogradu, Beograd, 2004.
- [2] R.A. Suleimanov, Comparative characteristics of atmospheric emissions from petrochemical and petroleum processing industries. NII Med. Truda i Ekol. Cheloveka, Ufa, Russia. Gigiena i Sanitarija **1** (1997) 8–10.
- [3] M. Jokanović, Toksikologija, Farmaceutski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Elit Medica, Beograd, 2001.
- [4] V. Stukalo, Procena uticaja zagađenog vazduha na zdravlje stanovnika Pančeva 1965–1995, Pančevo, Knjižara Prota Vasa, 2002.
- [5] A. Srivastava, A.E. Joseph, S. Patil, A. More, RC. Dixit, M. Prakash, Air toxics in ambient air of Delhi, *Atmos Environ.* **39** (2005) 59–71.
- [6] Pravilnik o graničnim vrednostima, metodama merenja imisije, kriterijumima za uspostavljanje mernih mesta i evidencije podataka, (Sl. Glasnik R.S. br. 54/92, 30/99 i 19/2006).
- [7] Izveštaj o zagađenosti vazduha na području grada Pančeva tokom 2009. godine, Zavod za javno zdravlje Pančevo.
- [8] R. Kerbachi, M. Boughedaoui, L. Bounoua, M. Keddam, Ambient air pollution by aromatic hydrocarbons in Algiers, *Atmos Environ.* **40** (2006) 3995–4003.
- [9] C. Chattopadhyay, G. Samanta, S. Chatterjee, D. Chakraborti, Determination of benzene, toluene and xylene in ambient air of Calcutta for three years during winter, *Environ Technol.* **18** (1997) 211–218.
- [10] N. Lazić, Monitoring vazduha, Pokrajinski sekretarijat za zaštitu životne sredine i održivi razvoj, Novi Sad, 2004.

SUMMARY

MEASURING BENZENE AIR POLLUTION IN THE CITY OF PANČEVO

Dragan M. Ugrinov¹, Aleksander M. Stojanov²

¹Public Health Institute, Pančevo, Serbia

²Belgrade Land Development Public Agency, Belgrade, Serbia

(Professional paper)

The limited value of benzene concentration in air given by the regulations of the Republic of Serbia was $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ until 1999, when it was changed to $0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. The change of the regulations was to be carried out without a transition period for the adoption of the new standard. The city of Pančevo is located at the confluence of the Tamiš and Danube rivers, 8 km from the country's capital, Belgrade. The basic pollution sources are HIP Petrohemija (oil industry) and NIS Rafinerija nafte (oil refinery) which are located south from the city. The measurements were done according to the standard methods defined by the regulations of monitoring conditions and air quality requirements, as well as by the procedures for measuring benzene concentration (taking samples with the pump, thermal desorption and gas chromatography). Pančevo has the elaborate system of the measuring points as part of the local system of urban stations for measuring basic and specific polluters. Using this system the measurements were carried out during the course of 24 hours every day in the year 2009 at two measuring points named "Vatrogasni dom" and "Zavod". Analysis of the obtained results shows that the average yearly concentration is lower at "Vatrogasni dom" measuring point ($2.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) than at "Zavod" ($4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). The results obtained at both measuring points did not exceed the allowed limited value of $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Keywords: Benzene • Pollution substances • Air