

Dnevne i sezonske varijacije lebdećih čestica (PM10) i dušikovog dioksida u rezidencijalnoj četvrti grada Zagreba (Diurnal and Seasonal Variation of Particulate Matter (PM10) and Nitrogen Dioxide in a Zagreb Residential Area)

Predrag Hercog, Renata Peternel

Zavod za javno zdravstvo grada Zagreba

Sažetak

Lebdeće čestice aerodinamičkog promjera $<10\mu\text{m}$ nastaju najvećim dijelom u procesima izgaranja, no manji dio potječe i od resuspendiranog materijala sa površina prometnica. Njihov kemijski i fizikalni sastav ovisi o lokaciji, godišnjem dobu i vremenskim uvjetima. Dušikov dioksid je reaktivni onečišćivač koji nastaje oksidacijom dušika ispuštenog u atmosferu u procesima izgaranja goriva pri visokim temperaturama, pa njegove razine u atmosferi predstavljaju pouzdani marker za izloženost emisijama vezanih uz promet. NO₂ je također i ključna komponenta u nastajanju sekundarnih toksičnih onečišćivača u zraku. Svrha ovog rada bila je analiza intradiurnalnih, dnevnih, tjednih i sezonskih varijacija koncentracija NO₂ i PM₁₀ u rezidencijalnoj četvrti urbane sredine, te utjecaj nekih meteoroloških parametara na vremensku dinamiku tih onečišćivača. Koncentracije PM₁₀ bile su mjerene metodom apsorpcije beta zračenja, a koncentracije NO₂ metodom kemiluminiscencije, mjernim instrumentima smještenim u automatsku postaju na lokaciji Mirogojska c. 16, na udaljenosti 5 m od prometnice. Prosječne 24 satne koncentracije PM₁₀ i NO₂ bile su najviše u zimskom razdoblju (15-60 i 5-72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka), a obrnuto proporcionalne dnevnim količinama oborina. U ljetnom razdoblju koncentracije nisu prelazile vrijednosti 35 i 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka. Koncentracije oba onečišćivača rasle su prema sredini tjedna (maksimalne vrijednosti između srijede i petka). U svim godišnjim dobima, bile su zabilježene dvije intradiurnalne vršne koncentracije (između 9:00-12:00 i 17:00-21:00 sati). Rezultati ovoga rada pokazuju da su za sjeverni rezidencijalni dio grada karakteristična dva izvora zagađenja-promet i mala i srednja ložišta, te da izrazito velik utjecaj na koncentracije onečišćivača imaju oborine.

Ključne riječi: dušikov dioksid, lebdeće čestice, onečišćivači atmosfere

Uvod

Lebdeće čestice (PM₁₀) mješavina su organskih i anorganskih supstanci koje najvećim dijelom potječu iz dvije vrste izvora: energetska postrojenja, te kao produkt izgaranja dieselskih goriva. U atmosferi se stvaraju transformacijom iz emisijskih plinova. Manji dio PM₁₀ potječe i od resuspendiranog materijala sa površina prometnica. U proljeće, nakon što se snijeg otopio i prometnice osušile, suhe resuspendirane čestice nošene vjetrom i turbulencijama stvorenih prometom dospijevaju u atmosferu (1,2). Lebdeće čestice iz ovog izvora u gradovima sjeverne i središnje Europe predstavljaju velik doprinos povećanju njihovih koncentracija u zraku (3,4). Njihov kemijski i fizikalni sastav ovisi o lokaciji, godišnjem dobu i vremenskim uvjetima. Veza između povećane smrtnosti stanovništva i povećanih koncentracija PM₁₀ u zraku primjećena je u vrijeme mnogih epizoda zagađenja u posljednjih 20-tak godina. Zabrinjavajući su rezultati nekoliko epidemioloških studija u kojima se pratio odnos između relativno niskih koncentracija PM₁₀ i povećanja pobola i smrtnosti kod stanovništva pri dugotrajnoj izloženosti (5,6), te odnos između izloženosti PM₁₀ i pogoršanja respiratornih simptoma (bronhitis, kronični kašalj) kod pacijenata sa KOPB-om (kronična opstruktivna bolest pluća) (7,8).

NO₂ je reaktivni onečišćivač, koji nastaje oksidacijom dušika ispuštenog u atmosferu u procesima izgaranja goriva pri visokim temperaturama i ključna je komponenta u stvaranju sekundarnih toksičnih onečišćivača (dušična kiselina, nitratni dio sekundarnih anorganskih aerosola i foto oksidanata uključujući i ozon). Povećanjem koncentracija ovih onečišćivača u atmosferi i njihovim miješanjem, dolazi do pojačavajućih učinaka na druge onečišćivače okoliša kao i alergene. Razine NO₂ u atmosferi usko su povezane s emisijama ispušnih plinova motornih vozila pa zato NO₂ smatramo pouzdanim markerom izloženosti emisijama vezanim uz promet. Rezultati epidemioloških studija pokazuju da dugotrajna izloženost NO₂ smanjuje plućnu funkciju i povećava rizik od pojave respiratornih simptoma. U većini studija razine NO₂ vežu se uz razine PM i ozona u zraku, te se štetni učinci promatraju zajedno za ta tri onečišćivača (9-13).

Svrha ovog rada bila je analiza intradiurnalnih, dnevnih, tjednih i sezonskih varijacija koncentracija NO₂ i PM₁₀ u rezidencijalnoj četvrti urbane sredine, te utjecaj nekih meteoroloških parametara na

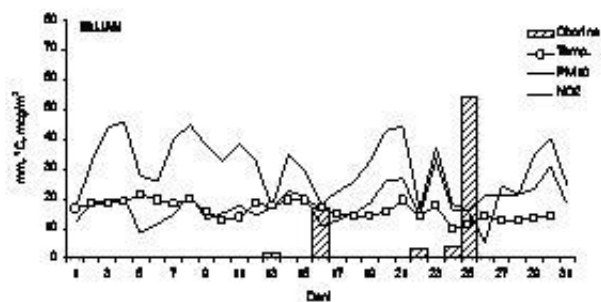
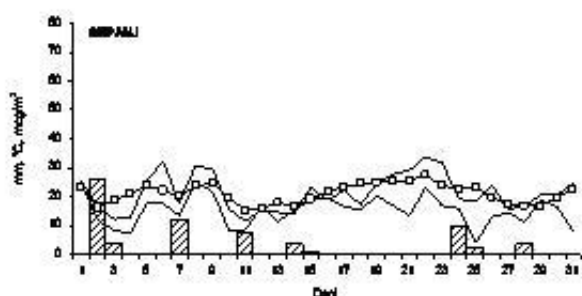
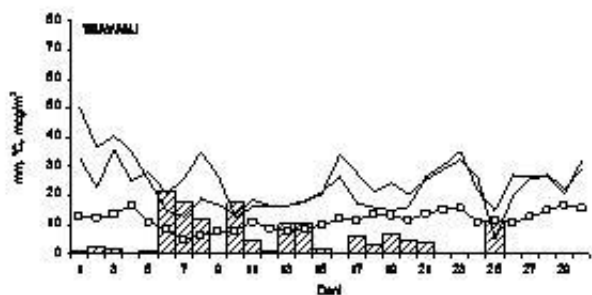
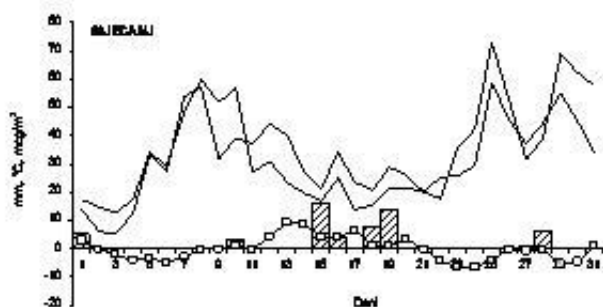
prostornu i vremensku dinamiku tih onečišćivača.

Materijal i metode

Postaja za monitoring kakvoće zraka smještena je u sjevernom rezidencijalnom dijelu grada Zagreba (Gauss-Krüger koordinate: 050-76-794 N; 055-76-542 E; nadmorska visina 175 m) više od 5 m udaljena od prometnice sa srednjim intenzitetom prometa, a cca 400 m od raskrižja prometnica sa većim intenzitetom prometa. Lebdeće čestice PM10 mjerene su metodom apsorpcije beta zračenja (Automated Equivalent Method: EQPM-0404-151), instrumentom „Environnement S.A. Model MP101M PM10 Beta Gauge Monitor“. NO₂ je mjereno metodom kemiluminiscencije (Automated Reference Method: RFNA-0795-104), instrumentom „Environnement S.A. Model AC31M chemiluminiscent Nitrogen Oxide Analyzer“.

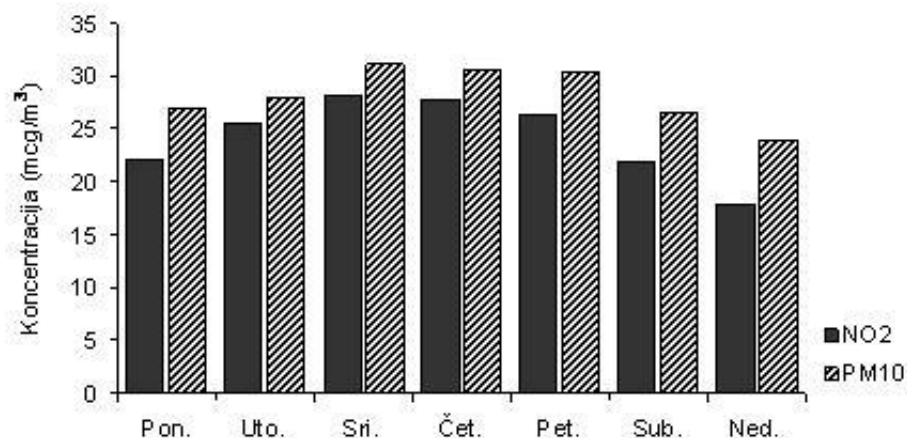
Rezultati

Tijekom siječnja dnevni srednjaci koncentracija PM10 i NO₂ kretali su se u rasponu od 14,77-59,94 µg/m³; 4,96-73,00 µg/m³. Vršne koncentracije ovih onečišćivača izmjerene su u dane najnižih temperatura, bez oborina. Zabilježena su 2 takva razdoblja. U mjesecu travnju, koncentracije su niže u odnosu na siječanj i na prelaze vrijednosti od 40 µg/m³. Zbog ujednačenih temperatura i pravilne mjesečne distribucije oborina nisu zabilježene izrazite vršne koncentracije. Najniže koncentracije ovih onečišćivača izmjerene su u ljetnom razdoblju, pa u mjesecu srpnju ne prelaze vrijednosti 32,11 µg/m³. Uočljivi su padovi koncentracija u dane sa oborinama. U mjesecu rujnu dolazi do porasta koncentracija PM10 dok razina NO₂ ostaje na ljetnim vrijednostima (Slika 1.).



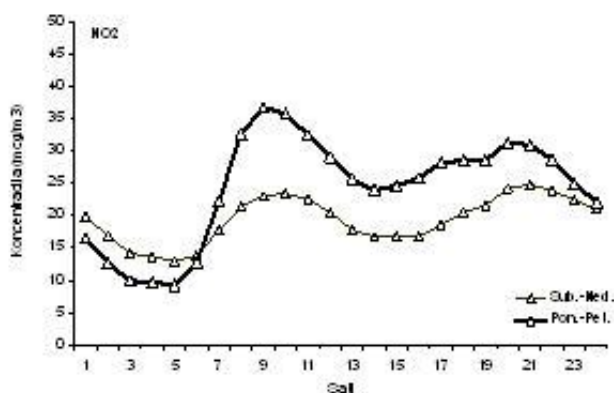
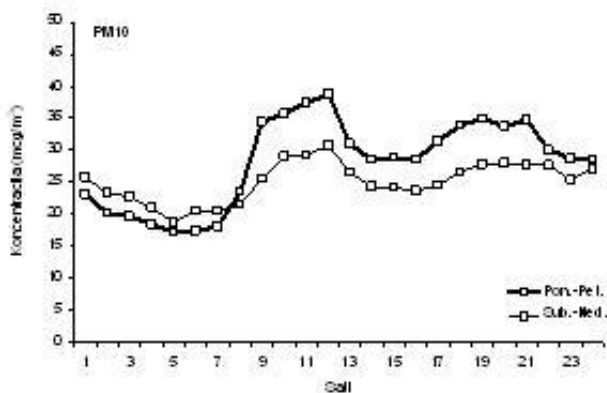
Slika 1. Sezonske varijacije koncentracija PM₁₀, NO₂, te temperatura i oborina (postaja na lokaciji Mirogojska c. 16), Zagreb, 2004.

Dnevni hod 24 satnih koncentracija kroz tjedan pokazuje određenu pravilnost. Vidljiv je porast koncentracija oba onečišćivača prema sredini tjedna (srijeda PM₁₀ 31,12 µg/m³; NO₂ 28,29 µg/m³) te ponovni pad prema kraju tjedna (nedjelja PM₁₀ 24,11 µg/m³; NO₂ 17,89 µg/m³) (Slika 2.).



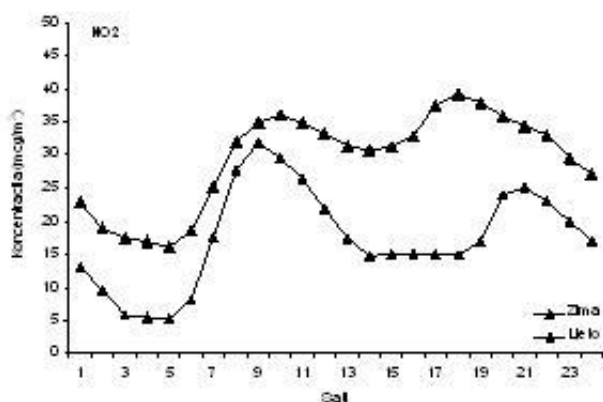
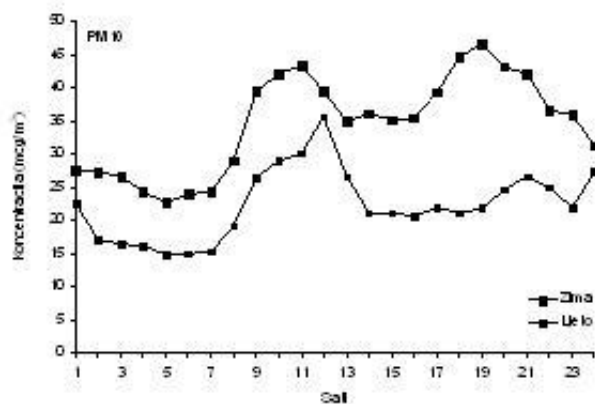
Slika 2. Dnevne koncentracije PM10 i NO2 (postaja na lokaciji Mirogojska c.16), Zagreb,2004.

Najviše koncentracije PM10 unutar dana bile su između 9:00 i 12:00 sati i kretale su se u rasponu od 34,3-38,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ radnim danima te od 25,5-30,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vikendom. Uočljiv je još jedan porast koncentracija između 17:00 i 21:00 sat s nešto nižim vrijednostima. Intradiurnalne koncentracije NO2 imaju identičnu distribuciju (Slika 3.).



Slika 3. Intradiurnalne varijacije koncentracija PM10 i NO2 (postaja na lokaciji Mirogojska c.16), Zagreb, 2004.

Intradiurnalne krivulje koncentracija PM10 u zimskom razdoblju imaju vršne koncentracije između 9:00 i 11:00 i 18:00 i 20:00 sati, dok su u ljetnom razdoblju pomaknute sat vremena kasnije. Popodnevna ljetna vršna koncentracija NO2 pomaknuta je za 3 sata kasnije. Koncentracije u zimskom razdoblju više su za oba onečišćivača. Popodnevne vršne koncentracije više su od jutarnjih u zimskom, a niže od jutarnjih u ljetnom razdoblju (Slika 4.).



Slika 4. Intradiurnalne sezonske varijacije koncentracija PM10 i NO2 (postaja na lokaciji Mirogojska c.16), Zagreb, 2004.

Diskusija

Rezultati sezonskih varijacija 24 satnih koncentracija PM10 i NO2 koji pokazuju više vrijednosti u zimskom razdoblju, mogu se objasniti onečišćavanjem zraka iz 2 izvora emisije karakterističnih za lokaciju postaje (rezidencijalna zona s umjerenim intenzitetom prometa i nekoliko srednjih ložišta-kotlovnice javnih ustanova). U svim sezonama uočena je povezanost nekih meteoroloških parametara s varijacijom koncentracija ovih onečišćivača. Zimi koncentracije oba onečišćivača rastu s padom temperatura naročito u dane bez oborina. Slične rezultate pokazala je studija dnevnih i sezonskih varijacija CO i NO2 u Delhiju (14). Porast koncentracija PM10 u mesecu rujnu objašnjavamo povećanjem intenziteta prometa povratkom većine građana s godišnjih odmora, te malim brojem dana s oborinama. Veće povećanje koncentracija PM10 vjerojatno je posljedica povećanja broja resuspendiranih čestica uzrokovano suhim vremenom (3). Pravilnost dnevnog hoda 24 satnih koncentracija PM10 i NO2 kroz tjedan i intradiurnalnih koncentracija direktno povezujemo

s intenzitetom prometa. To pokazuje porast koncentracija prema sredini tjedna kao i evidentna prisutnost dviju vršnih intradiurnalnih koncentracija u jutarnjem i popodnevnom razdoblju. Ova pojava je osobito izražena zimi kada je intenzitet prometa veći (15). Iz usporedbe intradiurnalnih koncentracija zimi i ljeti daljnjim istraživanjima moći će se razlučiti udio pojedinog izvora onečišćenja na ovom području.

Zaključci

- Koncentracije PM10 i NO2 više su u zimskom nego u ljetnom periodu.
- Uočljiv je utjecaj dvaju glavnih izvora onečišćenja na ovom području (promet, mala i srednja ložišta)
- Pojavom oborina dolazi do pada koncentracija onečišćivača u svim godišnjim dobima.
- U zimskom razdoblju uočljiv je utjecaj niskih temperatura na povećanje zagađenja zraka, posredno, zbog pojačane potrošnje goriva za grijanje.
- Pravilnost dnevnog hoda 24 satnih koncentracija PM10 i NO2 kroz tjedan direktno je povezana s intenzitetom prometa.
- Prije podnevne i poslijepodnevne intradiurnalne vršne koncentracije PM10 i NO2 posljedica su utjecaja pojačanog intenziteta prometa.
- Preliminarna istraživanja ukazuju na mogućnost procjene udjela pojedinih izvora zagađenja na ukupno stanje zagađenja zraka u rezidencijalnoj četvrti sjevernog dijela grada Zagreba.

Literatura

1. Kukkonen, J., Salmi, T., Saari, H., Konttinen, M. and Kartastenpää, R. 1999. Review of urban air quality in Finland. *Boreal. Environ. Resea.* 4: 55-65.
2. Kukkonen, J., Konttinen, M., Bremer, P., Salmi, T. and Saari, H. 2000. The seasonal variation of urban air quality in northern European conditions. *Internat. J. Environ. Pollut.* 14(1-6): 480-487.
3. Häme Koski, K. and Salonen, R.O. 1996. Particulate matter in northern climate of Helsinki Metropolitan Area, Finland. In: Lee J, Phalen R (Eds): *Proceedings of the Second Colloquium on Particulate Air Pollution and Human Health.*
4. Johanson, C., Hadenius, A., Johanson, P.A. and Jonson, T. 1999. „SHAPE the Stockholm Study of Health Effects of Air Pollution and their Economic Consequences. Part I: NO2 and Particulate Matter in Stockholm-Concentrations and Population Exposure“, AQMA Report, 6(98).
5. United States Environmental Protection Agency 1996. Air quality criteria for particulate matter. Research Triangle Park NC: USEPA.
6. Pope, C.A. and Dockery, D.W. 1999. Epidemiology of particle effects. In: Holgate ST, Samet JM, Koren HS (Eds): *Air pollution and health*, 673-706, London Academic Press.
7. Abbey, D.E., Hwang, B.L., Burchette, R.J., Vancuren, T. and Milss, P.K. 1995. Estimated Long-Term Ambient Concentrations of PM10 and Development of Respiratory Symptoms in Nonsmoking Population. *Arc Environ Health* 50(2):139- 151.
8. Pope, C.A., Bates, D. and Raizenne, M. 1995. Health Effects of Particulate Air Pollution: Time for Reassessment? *Environ Health Perspec* 103: 472-480.
9. Peters, J.M. 1999. A study of 12 Southern California communities with differing levels and types of air pollution. II Effects on pulmonary function. *American journal of respiratory and critical care medicine* 159: 768-775.
10. Gauderman, W.J. 2000. Association between air pollution and lung function growth in southern California children. *American journal of respiratory and critical care medicine* 162:1383-1390.
11. Gauderman, W.J. 2002. Association between air pollution and lung function growth in southern California children. Results from a second cohort. *American journal of respiratory and critical care medicine* 166: 76-84.
12. Ackermann-Liebrich, U. 1997. Lung function and long-term exposure to air pollutants in Switzerland. *American journal of respiratory and critical care medicine* 155: 122-129.
13. Schindler, C. 1998. Associations between lung function and estimated average exposure to NO2 in eight areas of Switzerland. *Epidemiology* 9: 405-411.

14. Nagendra, S. and Khare, M. 2003. Diurnal and seasonal variations of carbon monoxide and nitrogen dioxide in Delhy city. Int.J. Environment and Pollution 19(1): 76-92.

15. Pohjola, M.A., Kousa, A., Kukkonen, J., Härkönen, J., Karppinen, A., Aarnio, P. and Koskentalo, T. 2002. The spatial and temporal variation of measured urban PM10 and PM2,5 in the Helsinki metropolitan area. Water, Air and Soil Pollution 2: 189-201.

Kontakt adresa:

Predrag Hercog

predrag.hercog@publichealth-zagreb.hr