

NAUČNO-NASTAVNOM VEĆU
FAKULTETA ZA PRIMENJENU EKOLOGIJU FUTURA
UNIVERZITETA SINGIDUNUM U BEOGRADU

Na sednici Naučno-nastavnog veća Fakulteta za primenjenu ekologiju Futura, Univerziteta Singidunum od 11.02.2009. godine određeni smo u Komisiju za pregled i ocenu doktorske disertacije mr Anke Filipović, magistra hemijskih nauka pod naslovom:

Trendovi koncentracije i hemijskog sastava ultramalih čestica u urbanoj sredini

Kandidatkinja mr Anka Filipović je napisanu i ukoričenu disertaciju predala Fakultetu za primenjenu ekologiju dana 05.05.2010. godine sa molbom da imenovana komisija izvrši pregled i ocenu iste.

Pošto smo pregledali predatu disertaciju, izvršili potrebne konsultacije i usaglašavanja podnosimo Naučno-nastavnom veću Fakulteta sledeći:

I Z V E Š T A J

Doktorska disertacija mr Anke Filipović pod naslovom *Trendovi koncentracije i hemijskog sastava ultramalih čestica u urbanoj sredini* izložena je na 137 strana i sadrži 21 tabele, 77 grafičkih priloga i 156 navoda literature. Disertacija se sastoji od 6 poglavlja: *Cilja rada, Opšeg dela sa pregledom literature, Materijala i metoda, Rezultata i diskusije, Zaključka i Literature.*

U okviru poglavlje *Opšti deo sa pegledom literature* opisani su načini formiranja suspendovanih čestica, njihova podela po veličini, hemijski sastav kao i vreme boravka u atmosferi; ultrafine čestice, izvore njihovog nastanka i zdravstvene efekte; fizičko hemijske osobine policikličnih aromatičnih ugljovodonika i elementa; monitoring respirabilnih čestica na primerima nekih gradova u Evropi i svetu; nastanak PAH-ova, monitoring PAH-ova u na primerima nekih urbanih područja u Evropi i svetu; benzo(a)piren kao predstavnik PAH-ova, toksični ekvivalent PAH-ova; procena izvora emisije zagađivača u atmosferu, prirodni izvori emisije, sagorevanje uglja, sagorevanje mazuta i nafte, spaljivanje smeća, topionice, saobraćaj,

sekundarne čestice; vazduh u urbanim zonama na primeru Beograda, geografski položaj i specifičnost klime grada kao i prikaz lokalne monitoring mreže u Beogradu.

Materijal i metode tačno definiše metode kojima su sprovedena merenja za potrebe ove disertacije i to za uzorkovanje suspendovanih čestica PM_{10} ($<10 \mu m$), $PM_{2.5}$ ($<2.5 \mu m$), i PM_1 ($<1 \mu m$), gravimetrijske metode za određivanje masene koncentracije suspendovanih čestica, metode za određivanje elemenata pomoću ICP MS, policikličnih aromatičnih ugljovodonika pomoću GC MS, katona i anjona pomoću IC, kao statističku metodu PMF modela za identifikaciju izvora emisije zagađivača u atmosferu.

Uzorkovanje je vršeno u skladu sa Evropskom Direktivom EN 12341 (CEN 1998: Air Quality- Determination of PM_{10} Fraction of Suspended Particulate Matter; Reference Method and Field Test Particulate to Demonstrate Reference Equivalence of Measurement Methods Brussels) i Direktivom EN 14907 za uzorkovanje $PM_{2.5}$. (European Standard (2005) Ambient Air Quality-Standard gravimetric measurement method for the determination of the $PM_{2.5}$, mass fraction of suspended matter Brussels).

Gravimetrijsko određivanje masene koncentracije suspendovanih čestica vršeno je po Standardnoj operativnoj proceduri za određivanje $PM_{2.5}$ u vazduhu (SOP MLD-055 : Standard operating procedure for the determination of $PM_{2.5}$ mass in ambient air by gravimetric analyses) koja određuje metodologiju za merenje mase PM uzorkovane na različitim vrstama filtera.

Razaranje uzoraka za određivanje elemenata je izvršeno prema standardu Ambient air quality-Standard method for measurement of Pb, Cd, As and Ni in the PM_{10} fraction of suspended particulate matter CEN/TC 264 N779 (Ambient Air Quality - Standard method for the measurement of Pb, Cd, As and Ni in PM_{10} fraction of suspended particulate matter).

Određivanje koncentracije sekundarnih aerosola izvršeno je na jonskom hromatografu Ion Chromatography ICS-3000 Dionex DX-500. Uzorci za određivanje koncentracije anjona i katjona jonskom hromatografijom pripremani su prema standardnoj proceduri EPA 300.1 i SOP MLD 064: Standard operating procedure for the analysis of anions and cations in $PM_{2.5}$ speciation by ion chromatography.

Određivanje PAH-ova gasnom hromatografijom sa masenim detektorom vršeno je prema metodi TO13 (EPA/625/R-96/010b, Compendium Method TO-13A, Center for Environmental Research Information Office of Research and Development, U.S. EPA, Cincinnati, OH 45268 January 1999)

Statistička metoda PMF (Positive matrix faktorization) modela primenjena je u cilju identifikacije broja faktora, vrste profila svakog izvora i relativnog udela svake ispitivane hemijske vrste u profilu.

U *Rezultatima i diskusiji* prikazuju se masene koncentracije suspendovanih čestica (PM_{10} , $PM_{2.5}$, i PM_1) u vazduhu u toku zime (grejna) i leta (negrejna sezona) u 2009. godini, statistički parametri suspendovanih čestica, odnos frakcija suspendovanih čestica u leto i zimu; hemijski sastav suspendovanih čestica, koncentracija policikličnih aromatičnih ugljovodonika u obe sezone, relativni udeo pojedinačnih PAH-ova u njihovoj ukupnoj masi, ukupna koncentracija (suma) PAH-ova u analiziranom periodu, izvori emisije PAH-ova u atmosferu, benzo(a)piren kao marker kancerogenosti PAH, toksični ekvivalent PAH-ova; zatim koncentracija elementa u suspendovanim česticama, njihovi statistički parametri i relativni udeo pojedinačnih elemenata u njihovoj ukupnoj masi; sadržaj anjona i katjona u ispitivanim česticama, statistički parametri i pojedinačni relativni udeo u njihovoj ukupnoj masi; PMF analiza za identifikaciju izvora emisije zagađenja, izvori emisije polutanata u atmosferu u toku zime i u toku leta kao i izvori emisije policikličnih aromatičnih ugljovodonika u atmosferu u grejnoj i negrejnoj sezoni.

U *Zaključku* kandidatkinja iznosi da su predmet istraživanja ovog rada bile su suspendovane čestice manje od $1\mu m$, $2.5\mu m$ i $10\mu m$, sezonske promene njihovih koncentracija i hemijskog sastava (sadržaj teških metala, anjona i katjona kao i policikličnih aromatičnih ugljovodonika) na mernom mestu u ulici Omladinskih brigada 104 na Novom Beogradu u toku letnjeg i zimskog perioda uzorkovanja 2009 godine. Cilj ovog rada bio je da se ispita hemijski sastav čestica manjih od $1\mu m$ i da se na osnovu koncentracije ispitivanih hemijskih vrsta u suspendovanim česticama PM_{10} i $PM_{2.5}$ primenom PMF statističkog modela definišu potencijalni izvori emisije zagađivača u atmosferu i njihov doprinos formiranju suspendovanih čestica.

Analizom dobijenih rezultata utvrđeno je da su srednje dnevne vrednosti koncentracija suspendovanih čestica za zimski period merenja bile višestruko veće nego u toku leta. U toku zimskog perioda čestice $PM_{2.5}$ imale su veći udeo u PM_{10} nego u toku leta. Udeo PM_1 u PM_{10} bio je približno isti u oba perioda merenja a udeo PM_1 u $PM_{2.5}$ bio je veći u toku leta nego u toku zime.

Srednja koncentracija PAH-ova kao i ukupna suma PAH je u svim aerosolnim frakcijama u toku leta bila višestruko niža nego u toku zime a odnos ukupnih PAH-a u zimu i leto bio je viši u frakciji PM_1 nego u PM_{10} . Koncentracija PAH-ova sa većim molekulskim masama u toku zime bila je višestruko veća u PM_{10} nego u PM_1 a u toku leta njihov relativni udeo je bio veći u PM_1 nego u PM_{10} . U PM_{10} i PM_1 frakcijama suspendovanih čestica u toku zime koncentracija B(a)P u odnosu na ukupnu koncentracije PAH-ova je bila približno jednaka a u toku leta procenat učešća B(a)P bio je veći u frakciji PM_1 nego u PM_{10} . Srednja vrednost koncentracije zbira toksičnih ekvivalenata PAH-ova bila je u toku zime viša nego u toku leta.

Srednje dnevne vrednosti koncentracija metala pokazuju sezonske varijacije, u toku zime koncentracije metala su bile višestruko veće u odnosu na letnji period merenja a najzastupljeniji elementi u oba perioda merenja bili su Na, Ca, K, Mg, Fe i Al.

U sve tri aerosolne frakcije trend koncentracija jona je veoma sličan: u česticama se nalazi značajna koncentracija sulfata, nitrata i amonijum jon (u PM_{10} i $PM_{2.5}$ koncentracija anjona i katjona je bila viša u toku zime nego u toku leta za razliku od PM_1 gde je koncentracija jona bila ili istog reda veličine ili viša u toku leta nego u toku zime). U toku leta u svim aerosolnim frakcijama relativni udeo sulfatnih jona u njihovoj ukupnoj masi je bio veći nego u toku zime a relativni udeo hloridnih, nitratnih i amonijum jona u ukupnojjonskoj masi je bio veći u toku zime nego u toku leta.

Primenom PMF statističkog modela zaključeno je da je najveći doprinos ukupnoj masi $PM_{2.5}$ u toku zimskog perioda merenja dala termoelektrana, zatim saobraćaj, sekundarni aerosoli i sagorevanje uglja, resuspendovana prašina sa puteva i so sa puteva. U toku letnjeg perioda merenja najveći doprinos ukupnoj masi $PM_{2.5}$ dali su saobraćaj i sekundarni aerosoli, zatim termoelektrana, resuspendovana prašina sa puta, saobraćaj i elementi zemljine kore. U toku oba perioda merenja identifikovana su tri izvora PAH-ova u atmosferu: saobraćaj, sagorevanje biomase i stacionarni izvori emisije (industrija, termoelektrana i sl.). Procentni udeo Bap u PM u toku zime bio je najveći za saobraćaj, zatim sagorevanje uglja i drveta i stacionarne izvore a u toku leta za stacionarne izvore emisije, sagorevanje biomase i na kraju za saobraćaj.

U toku ovog rada prvi put je u našoj zemlji a na primeru Beograda određivana i analizirana koncentracija PAH-ova u česticama manjim od 10, 2.5 i $1\mu m$, njihov toksični ekvivalent kao i sezonske varijacije. Takođe je ovo prva primena PMF modela koja omogućava određivanje faktora kvantifikovaciju njihovih doprinosa aerzagadenju u Beogradu.. PMF model je primenjen na bazu podataka sa PAH-ovima u PM_{10} tokom grejne i negrejne sezone u Beogradu što je omogućilo da se identifikuju potencijalni izvori emisije PAH-ova kao što su saobraćaj, sagorevanje biomase i stacionarni izvori emisije (termoelektrane, industrija).

PMF model je primenjen i za identifikaciju i kvantifikaciju izvora emisije teških metala i anjona i katjona u atmosferu tokom grejne i negrejne sezone u Beogradu za šta su korišćeni prikupljeni 24 uzorci $PM_{2.5}$. Identifikovani faktori u letnjem periodu su: sekundarni aerosoli, termoelektrane, resuspendovana prašina sa puta, saobraćaj, i sastav zemljine kore a u toku zime: termoelektrane i sagorevanje nafte i mazuta, saobraćaj, sekundarni aerosoli, resuspendovana prašina i so sa puteva.

Dobijeni rezultati i izvedeni zaključci predstavljaju naučni doprinos aktuelnoj problematici kvaliteta vazduha u urbanim sredinama i biće od koristi za sprovođenje efikasnijeg monitoringa kvaliteta vazduha u Beogradu. Ovaj rad je takođe značajan za projektovanje strategije poboljšanja kvaliteta vazduha spoljašnje sredine u Beogradu i smanjenje uticaja na zdravstvene efekte povezane sa izloženosti na respirabilne čestice.

Radovi kandidata koji se odnose na temu disertacije:

1. V. Jovanović, P. Pfendt and **A.Jovanović**, 2007. Summertime PAH assembly in Mediterranean air: the Heceg Novi sampling station as an example, **Journal of Serbian Chemical Society**, 72(2) 193-204
2. M. Ristić, D. Crnković and **A. Jovanović**, 2007. Levels of PAHs in the soils of Belgrade and its Environs , **Environmental Monitoring and Assesment**, 125 (1-3) 75-83
3. D. M. Marković, D. A. Marković and **A. Jovanović**, 2008. Determination of O₃, NO₂, SO₂ and PM₁₀ measured in Belgrade urban area, **Environmental Monitoring and Assesment** , 145:349-359
4. A. M. Žujjić, B. B. Radak, **A. J. Filipović**, Dragan A. Marković, 2009. Extending the use of air quality indices to reflect effective population exposure, **Environmental Monitoring and Assessment**, 156(1-4)539-549
5. V. Radojčić, M.Nikolić, B.Adnjađević, **A. Jovanović** 2004. Selective reduction of PAHs content in cigarette tobacco smoke catalitic cracking process, **Physical Chemistry 2004, Proceedings of the 7th International Conferences on Fundamental and Applied Aspect of Physical Chemistry**, 2(J-6) 648-651
6. **A.J.Jovanović**, N.Vuković, D. A. Marković, I. Gržetić, 2005.Characterization of pollution measurements places in urban area of Belgrade, **Sixt European Meeting on Environmental Chemistry – EMEC 6**, Poster 130
7. **A.J. Jovanović**, S. Matić Besarabić, Lj. Ađanski, 2007. Air pollution monitoring network in Belgrade – evaluation of air pollution measurement sites **The First International WeBIOPART Workshop PM Research and Management**, Book of extended abstract, Session IV, pp 80-84
8. S. Matić Besarabić, Lj. Ađanski **A. J. Jovanović**, 2007. Examination of air quality at measurement site near elementary school Jefimija, (Rajkovac Obrenovac) **The First International WeBIOPART Workshop PM Research and Management**, Book of extended abstract, Session II, pp 127-129
9. S. Matić Besarabić, Lj. Ađanski **A. J. Jovanović**, 2007. Measurement of BaP in TSP and black smoke (soot) in Belgrade **The First International WeBIOPART Workshop PM Research and Management**, Book of extended abstract, Session IV, pp 95-97

10. J.Joksić, Lj.Adjanski, M. Radenković, R. Nikodinović, A.Jovanović, M. Jovašević-Stojanović, S. Matić- Besarabić, 2007. Results of Webiopart Preliminary measurement, **The First International WeBIOPART Workshop PM Research and Management**, Book of extended abstract, Session II, pp 34
11. **A. J. Filipović**, D. Marković, A. Ivanović, M. Jovasevic-Stojanovic, N. Lakić 2008, Ocena reprezentativnosti mernih mesta na širem području grada (Beograd, Srbija), **V simpozijum Hemija i zaštita životne sredine**, Tara, Srbija, poster broj 73
12. A. Ivanović, Ž. Čupić, **A. Jovanović**, D.Marković 2008, Primena multivariacione metode u analizi fizičko-hemijskih faktora zagađenja atmosphere, **V simpozijum Hemija i zaštita životne sredine**, Tara, Srbija, poster broj 70
13. S. Matić-Besarabić, **A. J. Filipović**, M. Jovašević-Stojanović, 2008. Seasonal Variation of Benzo(A)Pyrene in Suspended Particle in Belgrade City, Serbia, **Joint Annual Conference, Exposure and Health in a Global Environment, Conference Abstract**, Pasadena, California, October 12 16, 2008, p
14. **A. Cvetković**, M.Jovašević-Stojanović, Lj. Adjanski-Spasić, S. Matić-Besarabić, D. Marković, 2010. Seasonal Variation of Benzo(a)Pyrene in Suspended-Particles in **Belgrade City, Serbia Particulate Matter: Research and Management, Proceedings from the Second WeBIOPART Workshop**, pp 90-96
15. J.Joksić, M.Radenković, **A.Cvetković**, S.Matić-Besarabić, M.Jovašević-Stojanović, A.Bartonova, K.E.Yttri , 2010. Variations of PM₁₀ concentration and correlation with other pollutants in Belgrade urban area, **Particulate Matter: Research and Management, Proceedings from the Second WeBIOPART Workshop**, pp 89
16. J.Joksić, M.Karl, K.E.Yttri M.Jovašević-Stojanović, A.Bartonova, M.Radenković, **A.Cvetković**, 2010. Source apportionment of Belgrade PM₁₀ Aerosols with the Unmix Receptor Model, **Particulate Matter: Research and Management, Proceedings from the Second WeBIOPART Workshop**, pp 16-21
17. **A. Cvetković**, Lj. Adjanski-Spasić, S. Matić-Besarabić, 2009. Sezonske varijacije benzo(a)pirena i PM₁₀ u urbanoj atmosferi Beograda, **Zaštita vazduha 2009**, Privredna komora Srbije, Book of extended abstracts , pp 85

Na osnovu izloženog smatramo da je kandidat mr Anka Filipović u svojoj disertaciji uspešno ostvarila postavljene zadatke i ciljeve, da urađena disertacija ima naučne kvalitete i daje nova saznanja u oblasti zaštite vazduha urbane sredine od zagađivanja te predlažemo Naučno -nastavnom veću da prihvati ovaj Izveštaj i odobri mr Anki Filipović usmenu odbranu doktorske disertacije pod naslovom Trendovi koncentracije i hemijskog sastava ultramalih čestica u urbanoj sredini

U Beogradu, 21.05.2010. godine

Članovi komisije:

Dr Dragan Marković, mentor, profesor
Fakulteta za primenjenu ekologiju « Futura »

Dr Milena Jovašević Stojanović, komentor,
viši naučni saradnik Instituta « Vinča »

Dr Dragi Antonijević, član komisije, profesor
Fakulteta za primenjenu ekologiju « Futura »
