

DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP - ZAŠTITA ZRAKA '99

ZBORNIK RADOVA

Izdavač
HRVATSKO UDRUŽENJE ZA ZAŠTITU ZRAKA
Zagreb, Ksaverska cesta 2

Za izdavača
Dr.sc. Vladimira Vadić

Urednici
Prof.dr. Fedor Valić
Dr.sc. Krešimir Šega

Tehnički urednik
Franjo Vančina

Recenzenti
Prof.dr. Marko Šarić
Doc.dr. Mira Cigula

Likovno rješenje omota
Antun Paunović

Kompjutorski slog
Nikica Visković

Tisak
mtg-topgraf - Velika Gorica
Naklada : 300 primjeraka

ISBN 953-6609-01-0

CIP - Katalogizacija u publikaciji
Nacionalna i sveučilišna knjižnica, Zagreb

UDK 504.3.06 (063)

HRVATSKI znanstveno stručni skup Zaštita
zraka (2 ; 1999 ; Šibenik)

Zaštita zraka '99 : zbornik radova / Drugi hrvatski
znanstveno-stručni skup, Šibenik-Solaris 22. - 25. rujna
1999. ; <urednici Fedor Valić . . . et al.>. - Zagreb :
Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka, 1999. str. 600 :
ilustr. ; 24 cm

Bibliografija iz svakog rada. - Summaries.

ISBN 953-6609-01-0

990915065

Objavljeni radovi izvorno su autorski te nisu podlijevali lekturi.

Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka ♦ Institut
za medicinska istraživanja i medicinu rada ♦
Državni hidrometeorološki zavod ♦ Ekonerg ♦
Hrvatska udruga za promicanje skrbi o prostoru

DRUGI HRVATSKI
ZNAJSTVENO - STRUČNI SKUP

ZAŠTITA ZRAKA '99

ZBORNIK RADOVA

Šibenik - Solaris 22.-25. rujna 1999.

Pokrovitelji:

- ♦ Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša
- ♦ Ministarstvo znanosti i tehnologije
- ♦ Ministarstvo zdravstva
- ♦ Ministarstvo gospodarstva
- ♦ Državna uprava za normizaciju i mjeriteljstvo
- ♦ Hrvatska gospodarska komora

Znanstveno-stručni odbor:

Fedor Valić, predsjednik; Krešimir Šega, dopredsjednik;
Nikola Barbalić; Mirka Fugaš; Vladimir Jelavić; Jasenka
Nećak; Višnja Šojat; Tatjana Tomić; Vladimira Vadić;
Franjo Vančina; Sonja Vidič

Savjetodavni odbor:

Anđelka Bedrica; Radovan Fuchs; Ante Kutle;
Živana Lambaša-Belak; Željko Matiša; Mladen Matvijev;
Jasna Mesarić; Sanja Milković-Kraus; Zdravko Mužek;
Jakša Topić

Organizacijski odbor:

Vladimira Vadić, predsjednica; Mira Šolić-Gavranović, dopredsjednica;
Dubravka Donelli; Janko Hršak; Vladimir Jelavić; Nataša Kalinić;
Dunja Lipovac; Nada Matković; Višnja Šojat; Franjo Vančina

KAZALO

Uvodna riječ	13
Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka između dva znanstveno-stručna skupa ..	15

Uvodna izlaganja

Šega, K., Kalinić, N., Senčar, J. Odrasla populacija Zagreba i onečišćenje zraka - poznavanje problema i stavovi	19
Nećak, J., Papišta, D., Jelavić, V. Ciljevi i mjere za djelotvornu zaštitu i poboljšanje kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj	31
Vadić, V., Biščan, A., Karnovšek, H., Mladinov, S., Matković, N., Santo, V., Tomić, T. Kategorizacija područja prema stupnju onečišćenosti zraka u gradovima Republike Hrvatske	47
Valić, F. Neusklađenost ekotoksikoloških i toksikoloških parametara u međunarodnim preporukama za sprečavanje globalnih promjena	59
Mücke, H. Guido Ambient Air Quality Programmes for Health Impact Assessment in the WHO European Region	71
Mihalíková, E. Air Pollution Monitoring System in Slovakia	81

Tema 1 - Upravljanje kakvoćom zraka, inspekcija i nadzor

Nećak, J., Papišta, D., Jelavić, V. Ocjena stanja kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj	93

Barbalić, M., Nećak, J.	
Zaštita zraka u pravnom sustavu Republike Hrvatske	107
Mesić, H., Nećak, J.	
Provedba Nacionalnog programa za ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač	117
Borac, S., Buljan, H.	
Uspostava katastra emisija u okoliš u Republici Hrvatskoj	127
Fugaš, M.	
Kako postići učinkoviti rad inspekcije na području zaštite kakvoće zraka	137
Barbalić, N., Marijan, G., Jelavić, V.	
Analiza normi za kakvoću zraka znakovitih onečišćujućih tvari	141

Tema 2 - Emisije

Varaždinec, Z., Barbalić, N., Teparić, Z.	
Značenje sastavnica emisijskih normi za određivanje i vrednovanje emisijskih uvjeta	153
Vrgoč, M.	
Kriterij odabira i primjene automatskih mjernih uređaja i sustava za kontinuirani nadzor emisije	163
Abramović, B., Jakovljević, Ž., Stanić, Z.	
Uspostavljanje sustava za kontinuirano praćenje emisija u termoelektranama Hrvatske elektroprivrede	173
Mihalíková, E.	
Air Pollution Monitoring System in Slovakia	183
Jurić, Ž., Jelavić, V.	
Emisija cestovnog prometa i utjecaj na kakvoću zraka u Hrvatskoj	193
Tomašić, V.	
Smanjenje emisija NO_x u atmosferu	203
Hršak, J., Šega, K.	
Pregled mjerenja emisija iz stacionarnih izvora	209

Salopek, B., Bedeković, G.	
Zaštita zraka na kamenolomima tehničkog kamena	217
Cerovečki, S.Š., Romić, L.	
Emisija stakleničkih plinova u zrak iz izvora onečišćenja zraka u naftnoj industriji i njihov doprinos pojavi učinka staklenika	227
Stanić, Z., Delija-Ružić, V.	
Mjere za smanjenje emisije stakleničkih plinova Hrvatske elektroprivrede	...237
Strelar, I.	
Opasnost od prekomjerne emisije dimnih plinova	247
Šekimić, K., Žarkovac, Z.	
Iskustveni prilog metodologiji mjerenja emisija iz uređaja za loženje loženih tekućim ili plinovitim gorivom	253

Tema 3 - Onečišćenje vanjske atmosfere (imisije) i unutrašnje atmosfere

Šega, K.	
Razvoj i prva ispitivanja uređaja za sakupljanje PM10 i PM2.5	263
Vadić, V., Hršak, J., Jukić, J.	
Razine NO₂ u zraku Zagreba	269
Tomić, T., Periš, N.	
Kategorizacija kakvoće zraka na području kaštelanskog zaljeva i Splita u odnosu na ukupnu taložnu tvar za razdoblje 1976-1998.	275
Alebić-Juretić, A., Matković, N.	
Sadržaj metala u česticama u okolini brodogradilišta	283
Špirić, Z., Lukić, M., Vadunec, J., Jaković, L.	
Mjerenje koncentracija žive u zraku na plinskom polju Molve	291
Franić, Z., Marović, G., Senčar, J.	
Mjerenje radioaktivnosti zraka u akutnoj fazi nuklearne nesreće	299

Barbalić, N., Škrinjar, K., Mlinar, M. Statističke značajke funkcija imisijskog toka i analiza posljedica njihove diskretizacije s pomoću vremena usrednjavanja	305
Korunić – Koščina, S., Smajila, S. Sustav imisijskog monitoringa u Rafinerija nafte Rijeka	315
Sijerković, M., Ivatek-Šahdan, S., Hrabak-Tumpa, G., Šojat, V. Onečišćenje zraka i magla u Zagrebu	323
Đuričić, V., Vidić, S., Šojat, V. Atmosferski doprinos problemu eutrofikacije sjevernog Jadrana	331
Kalinić, N., Šega, K., Levak, Ž. Onečišćenje zraka i mikroklimatski parametri u poslovnoj zgradi s prisilnom ventilacijom	339

Tema 4 - Procjena izloženosti i učinci

Šimić, D., Pavlović, M., Jazbec, A., Malinar, M., Hršak, J., Šega, K., Šojat, V., Vadić, V. Utjecaj onečišćenja zraka na učestalost pogoršanja simptoma opstruktivne bolesti pluća u odraslih osoba	347
Ćurin, K. Utjecaj istodobnog djelovanja onečišćenja zraka i pušenja na učestalost raka dišnih organa	355
Briški, F., Krstić, D., Mudronja, D. Prisutnost sumpornih bakterija na kamenu i slikanom sloju južnog portala crkve svetog Marka	363
Snježana, F., Jelavić, V., Šatalić, S., Lindić, V., Martinović, J., Vranković, A. Računanje i kartiranje kritičnog opterećenja šumskih ekosustava sjeverozapadne Hrvatske u sklopu konvencije o prekograničnom daljinskom onečišćenju zraka	369
Kovačević, T., Tomšić, Ž., Debrecin, N. Eksterni troškovi uslijed emisija iz termoelektrana	377

Jelavić, V., Sučić, H., Milanović, Z., Tomić, S., Čiček, J., Molak, B., Škanata, D. Prosudba rizika postrojenja za termičku obradu otpada PUTO i odlagališta otpada Jakuševac - temeljnice pristupa i prethodni rezultati	385

Zaninović, K. Utjecaj vremena na astme	393

Tema 5 - Zaštita zraka u sustavu prostornog uređenja i građenja

Cvitan, L. Mogućnosti i ograničenja primjene mjerenog i motrenog vjetra na Krku	401

Poster

Božičević K., Avirović G., Vešligaj A. Izrada katastra emisija u zrak Petrokemije d.d.	411

Fudurić Jelača M., Aurer Jezerčić I. Izokinetičko uzorkovanje krutih čestica – načela, metodologija mjerenja i obrada rezultata	417

Hrabak-Tumpa G., Ivatek-Šahdan S., Sijerković M. Elektroenergetski sustav, meteorološki čimbenici i zaštita okoliša	425

Purišević S., Velispahić Š., Babić D., Pašalić G., Đorđević R. Sustav za praćenje imisija i emisija u TE Kakanj, BiH	433

Habuš, Z. Emisije mirisa mora	439

Bilić, V., Habrun, B., Barač I., Humski, A. Prisutnost bakterija u zraku nastambi za svinje i okolišu	447

Dobeic M. Pravni red na području presoje vplivov na okolje v R Sloveniji – nekateri primeri presojevanja emisij neugodnih vonjav	453

Juranić, T., Juranić, Lj.	
H₂S/RSH emisije, mjerenje i nova tehnološka rješenja	463
Avirović, G., Džajo M.	
Neka iskustva pri mjerenju onečišćenja zraka automatskim i ne-automatskim metodama	471
Barbalić, N., Marijan, G.	
Višedimenzijsko obilježje funkcije rizika onečišćujućih tvari u zraku i njeno određenje u 3-D potprostoru	479
Čačković, M., Vadić, V., Šega, K.	
Sulfati, nitrati i kloridi u frakcijama različitih veličina lebdećih čestica	487
Gelo, B., Šojat, V., Borovečki, D.	
Tjedni hod onečišćenja zraka u Zagrebu i promet	493
Herceg Romanić, S., Krauthacker, B.	
Raspodjela organoklorovih pesticida i polikloriranih bifenila (PCB) u zraku sakupljenom u Zagrebu	499
Hršak, J., Šega, K., Balagović, I.	
Sadržaj olova, mangana, kadmija i talija u frakcijama različitih veličina lebdećih čestica - prva ispitivanja	505
Marović, G., Senčar, J., Franić, Z.	
Određivanje radioaktivnosti zraka brzim metodama na terenu	511
Pašalić, G., Babić, D., Dukić, V.	
Automatska postaja za praćenje kakvoće zraka AP Fižela – Pula	517
Pavlinić, Z., Pančocha, D., Švel-Cerovečki, S., Donelli, D.	
Rezultati kontinuiranog praćenja kakvoće zraka u okruženju industrijskog postrojenja INA-Maziva Zagreb	525
Pehnec, G., Vadić, V., Šega, K., Hršak, J.	
Koncentracije ozona i dušikovih oksida u zraku Zagreba	533
Šišović, A., Škrbec, A., Vadić, V., Kalinić, N.	
Razine i profili PAU u lebdećim česticama u Zagrebu tijekom 4 godišnja doba	541

Škrbec, A., Hršak, J., Balagović, I.

Razine metala u taložnoj tvari u zraku Zagreba 547

Vadić, V., Hršak, J., Kalinić, N., Mihelčić, V., Lambaša-Belak, Ž.

Količina ukupne taložne tvari u nacionalnom parku Kornati 553

Vrbek, B.

Metoda praćenja taložnih tvari u šumskim ekosustavima 559

Đukić, V.

Monitoring ispuštanja freona iz rashladnih postrojenja 565

Đukić, V.

**Opasnosti pri akcidentnim situacijama kod transporta sumporovodika
cisternama 571**

UVODNA RIJEČ

Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka je 1997. godine organiziralo Prvi znanstveno-stručni skup o zaštiti zraka, u samostalnoj Hrvatskoj, "Zaštita zraka '97" da bi se ocijenilo stanje i promjene kakvoće zraka u Hrvatskoj, a posebno nakon donošenja Zakona o zaštiti okoliša, Zakona o zaštiti zraka i Uredbe o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka. Najvažniji rezultati Skupa bili su Zbornik priopćenja u opsegu od 542 stranice, te preporuke koje su dostavljene svim nadležnim i zainteresiranim organima i organizacijama.

Drugi hrvatski znanstveno-stručni skup "Zaštita zraka '99" održava se dvije godine nakon prvoga kao posljedica plana da se takvi znanstveno-stručni skupovi organiziraju svake druge godine. Primljeno je više od 70 priloga tako da je samo jedan dio bilo moguće predvidjeti kako referate za usmenu prezentaciju; ostali će biti prikazani u poster sekcijama s raspravom svakog postera. Kao teme Skupa izabrani su sadržaji najznačajniji za održavanje zadovoljavajuće kakvoće zraka i za adekvatnu primjenu odgovarajućeg zakonodavstva: Upravljanje kakvoćom zraka, inspekcija i nadzor; Emisije; Onečišćenje vanjske atmosfere (imisije) i unutrašnje atmosfere; Procjena izloženosti i učinci; Zaštita zraka u sustavu prostornog uređenja i građenja. Predviđeno je i šest pozvanih uvodnih izlaganja istaknutih stručnjaka od kojih dva iz inozemstva koji će iznijeti odgovarajuće programe Svjetske zdravstvene organizacije, odnosno Europske regije te Organizacije.

Broj prijavljenih referata od više od 110 autora i oko 200 sudionika ukazuje na kontinuirani veliki interes, a i intenzivnu aktivnost na području zaštite zraka u Republici Hrvatskoj.

Prof.dr.sc. Fedor Valić

Predsjednik Hrvatskog udruženja za zaštitu zraka

i

Znanstveno-stručnog odbora Skupa

HRVATSKO UDRUŽENJE ZA ZAŠTITU ZRAKA IZMEĐU DVA ZNANSTVENO-STRUČNA SKUPA

Hrvatsko udruženje za zaštitu zraka (Udruženje) kao dobrovoljna, stručna, znanstvena i društvena nevladina organizacija, koja se bavi razvijanjem, unapređenjem i popularizacijom zaštite zraka od onečišćenja, imala je do I. skupa 90 članova. Nakon Skupa 1997. godine u Crikvenici broj članova se povećao, te danas Udruženje broji 112 članova, a nadamo se da će se u Šibeniku taj broj još povećati.

Članovi Udruženja i u ovom su razdoblju pružali stručnu pomoć pri izradi podzakonskih propisa, posebno pri izradi Uredbe o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, te u uspostavi i vođenju katastarske emisije u okoliš. Članovi Udruženja također su nastavili s radom u TO-146 "Kakvoća zraka" pri Državnom zavodu za normizaciju i mjeriteljstvo.

Nakon što je donešen Pravilnik o vođenju katastra emisije u okoliš i Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, u lipnju 1998. godine organiziran je stručni skup u Trakošćanu na temu "Emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (Provedba propisa i normi)". Taj stručni skup imao je radni karakter sa sedam pozvanih predavanja uz široku raspravu i uz donošenje zaključaka.

Predsjednik Udruženja, prof.dr.sc. Fedor Valić, održao je predavanje o utjecaju ozona na okoliš i zdravlje ljudi, u Hrvatskoj akademiji znanosti i umjetnosti, a kako tamo nisu mogli prisustvovati svi članovi Udruženja, ponovio je to predavanje na godišnjoj skupštini Udruženja.

Suradnja s IUAPPA (International Union of Air Pollution Prevention Associations) i dalje se intenzivno nastavila. Članovi Udruženja prisustvovali su svjetskom kongresu u Durbanu, Južna Afrika, te na internacionalnoj konferenciji u Madridu. Također su prisustvovali svjetskom Indoor Air kongresu u Edinburgu, Škotska.

Godine 1997. udruženja za zaštitu zraka Nizozemske, Velike Britanije, Italije, Njemačke i Francuske osnovala su The European Federation of Clean Air and Environmental Protection Associations (EFCA). Na konferenciji Clean Air for Europe održanoj u lipnju 1998. godine u Londonu, naše Udruženje primljeno je u članstvo EFCA, jer je svojim radom i organizacijom zadovoljilo sve tražene kriterije.

Aktivno sudjelovanje na svjetskim kongresima i internacionalnim konferencijama o čistom zraku omogućilo je članovima Udruženja izmjenu vrlo korisnih iskustava

o pristupu strategiji zaštite zraka od onečišćenja s kolegama iz drugih zemalja. U europskim i svjetskim razmjerima primijećen je daljnji značajan napredak u radu našeg Udruženja što je posebno istaknuto i pohvaljeno na sastancima Executive Committee IUAPPA i EFCA.

Članovi Udruženja postavili su pred sebe dugoročne i kratkoročne planove i programe rada. Neke od aktivnosti su završene, a neke, kako smo i planirali, tek smo započeli.

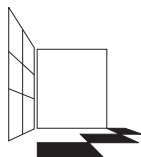
Nadamo se da će organizacija II. hrvatskog znanstveno-stručnog skupa “Zaštita zraka '99” biti još uspješnija od prvog, te da će doprinjeti ostvarenju našeg osnovnog cilja, a to je bolja zaštita zraka od zagađenja na cijelom području naše domovine.

Na kraju, u ime Organizacijskog odbora, želim se zahvaliti svim suorganizatorima, pokroviteljima i sponzorima koji su svojim doprinosom omogućili održavanje ovoga Skupa.

Dr.sc. Vladimira Vadić

Tajnica Hrvatskog udruženja za zaštitu zraka i
Predsjednica organizacijskog odbora Skupa

Uvodna izlaganja



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Šega, K.¹, Kalinić, N.¹, Senčar, J.²

Odrasla populacija Zagreba i onečišćenje zraka - poznavanje problema i stavovi

Sažetak: Provedena je anonimna anketa u odrasloj populaciji grada Zagreba u svrhu određivanja razine poznavanja problema onečišćenja zraka, kao i definiranja stava prema navedenom problemu. Populacijske podskupine su bile određene spolom i dobi, dok je prostorna zastupljenost različitih područja grada kontrolirana mjestom stanovanja, kao i vrstom srednje škole. Važnu podskupinu (ujedno i donji prag starosti ispitanika) predstavljali su maturanti zagrebačkih srednjih škola. Općenito se može zaključiti da je problematika onečišćenja okoliša ušla u svijest stanovnika Zagreba, no također i to da su po tom pitanju Zagrepčani zabrinuti i neinformirani, ali i voljni doprinijeti poboljšanju stanja. Rezultati istraživanja trebaju predstavljati osnovu za iznalaženje načina i puta obrazovanja i izgradnje svijesti o problemu onečišćenja, te poslužiti kao pomoć pri definiranju i pripremi nastavnog gradiva, popularno-stručnih predavanja, odnosno pisanju znanstveno-popularnog štiva.

Adult Zagreb Population and Air Pollution Level of Knowledge and Attitudes

Summary: In order to determine the level of knowledge and attitudes of Zagreb inhabitants related to the air pollution, a representative sample of adult population filled in an anonymous questionnaire. The sample was divided in four subgroups regarding to age and sex: high school students-last grades (1441, 591 male-845 females) and adult people 31-65 years of age (2047, 812 male-1235 females). Although it could be concluded that Zagreb inhabitants became aware of an air pollution problem and that they show a good will to make their contribution to reduce this problem by changing their behaviour and by different activities, they are not sufficiently informed or educated in this matter. The results of this investigation should serve as a basis for developing of further information and educational activities which will enable higher level of knowledge and understanding related to pollution problems.

1 Krešimir Šega, Nataša Kalinić, Jedinica za higijenu okoline, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada

2 Jasminka Senčar, Jedinica za zaštitu od zračenja, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada

Uvod

Razina poznavanja problematike onečišćenja zraka značajno utječe na osjećaj sigurnosti, društvene brige i zaštićenosti, kao i stavove i ponašanje stanovništva. Niska razina obaviještenosti potpomognuta širenjem nestručnih mišljenja redovito uzrokuje negativne učinke u rasponu od zabrinutosti do panike, a moguće ga je koristiti i kao metodu pritiska u svrhu ostvarivanja ekonomskih i/ili političkih koristi. Dobra obaviještenost o kakvoći zraka demokratsko je pravo pojedinca i što je još važnije uvjetuje promjenu ponašanja, te posredno dovodi do poboljšanja stanja. Cilj ovog rada je bio dobivanje uvida u mišljenja i razinu znanja iz područja onečišćenja zraka, s obzirom na to da su na našoj populaciji takva ispitivanja marginalni dio širih istraživanja koja obuhvaćaju okoliš i/ili odnos prema okolišu općenito (1, 2, 3) ili su pak usko specifična (4).

Uzorak i metoda

Istraživanje je provedeno anonimnom anketom na području grada Zagreba tijekom proljeća 1999. godine. Ispitanici su samostalno upisivali odgovore na osnovu nekoliko kratkih pismenih naputaka. Naglašeno je da se ne očekuju točni ili netočni odgovori već mišljenja, da je potrebno izbjegavati tuđa mišljenja ili sugestije kao i korištenje literature, te da je potrebno odgovarati na pitanja redoslijedom kojim su postavljena, bez preskakanja.

Anketom su obuhvaćene dvije populacijske skupine:

1. Učenici završnih razreda srednjih škola -maturanti, mladi (18-19 godina starosti) odrasli ljudi na pragu zrelosti (učenici-UM, učenice-UŽ), koji su upravo završili svoje opće obrazovanje. Anketom je obuhvaćeno devet srednjih škola (4 gimnazije, tehnička škola za elektroniku, kemijska tehnička škola, ugostiteljska škola, škola za medicinske sestre, škola za medicinske tehničare). Prikupljen je 1441 ispunjeni anketni listić (41% učenici, 59% učenice). S obzirom na to da pohađanje srednje škole nije lokalno uvjetovano, pokrivenost populacije je provedena putem vrste škola a ne prostorno.
2. Odrasli (muškarci-OM, žene-OŽ)-dobna skupina od 31 do 65 godina starosti, u radno sposobnoj dobi, osobe koje imaju priliku donositi vlastite i/ili službene odluke s mogućim utjecajem na stanje onečišćenja u okolišu, kao i utjecajem na djecu i mlade (s obzirom na formiranje njihovog mišljenja). Donja dobna granica odabrana je sa željom da se ispitanici različitih skupina dovoljno dobro razlikuju. Prikupljeno je 2047 ispunjenih anketnih listića (40% muškarci, 60% žene). Obuhvaćeno je cijelo područje grada Zagreba.

Razlike u učestalosti pojedinih odgovora između različitih kategorija ispitanika su testirane na razini značajnosti od $p < 0.05$.

Rezultati i diskusija

Onečišćenje okoliša općenito

Rangiranje postojećih društvenih problema

Od ispitanika je zatraženo da poredaju po važnosti postojeće probleme u zdravstvu, školstvu, prometu, onečišćenju okoliša, zapošljavanju i gospodarstvu. Iz rezultata prikazanih u Tablici 1 vidljivo je da najviše pažnje zaokupljaju problemi pri zapošljavanju (učenici), odnosno gospodarstvu (odrasli), slijede problemi u zdravstvu koje ženska populacija promatra kao nešto značajnije u odnosu na muškarce. Probleme u okolišu i školstvu ispitanici tretiraju podjednako i smatraju ih manje važnim od prije navedenih, dok su problemi s kojima se svakodnevno susrećemo u prometu od najmanje važnosti za sve kategorije ispitanika. Moguće je zaključiti da su problemi u okolišu ušli u svijest stanovnika Zagreba, no odgovor na to u kolikoj mjeri i na kojoj razini spoznaje djelomično će odgovoriti rezultati u nastavku.

Tablica 1. Rangovi problema iz svakidašnjeg života s obzirom na populacijsku podskupinu

Problem	UM	UŽ	OM	OŽ
Zdravstvo	3	2	3	2.5
Školstvo	4.5	5	4.5	4.5
Promet	6	6	6	6
Okoliš	4.5	3.5	4.5	4.5
Zapošljavanje	1	1	2	2.5
Gospodarstvo	2	3.5	1	1

Rezultati rangiranja značajki problema onečišćenja okoliša prikazani su u Tablici 2. Postavljeno je pitanje radi li se pretežito o etičkom, estetskom, zdravstvenom ili gospodarskom problemu. Sve skupine ispitanika smatraju problem onečišćenja okoliša prvenstveno zdravstvenim problemom, dok na zadnje mjesto svrstavaju estetsku komponentu. Učenici, za razliku od odraslih, daju prednost etičkoj komponenti pred gospodarskom, no postavlja se pitanje da li se to može bolje objasniti mladenačkim poletom i životnim neiskustvom, nego li utjecajem edukacije i razvojem ekološke svijesti.

Mišljenja o ekonomskoj isplativosti rješavanja problema onečišćenja okoliša prikazana su u Tablici 3. Odrasli ne pokazuju razliku među spolovima, dok su učenici odlučniji od učenica, te su u većem broju mišljenja da je rješavanje pitanja okoliša neisplativo. Razlike u dobi su značajne. Odrasli vjeruju u isplativost i u manjem su postotku neodlučni.

Tablica 2. Rangovi osnovnih značajki problema onečišćenja okoliša

Značajka	UM	UŽ	OM	OŽ
Etički	2	2	3	3
Estetski	4	4	4	4
Zdravstveni	1	1	1	1
Gospodarski	3	3	2	2

Tablica 3. Mišljenja o ekonomskoj isplativosti rješavanja problema onečišćenja okoliša (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Neisplativo	21.0	11.8	7.4	5.4
Isplativo	56.0	55.2	83.1	82.6
Ne znam	23.0	33.0	9.5	12.0

Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Ne	Da	Da

Odgovori na pitanje postoji li služba kojoj se pojedinci mogu obratiti u slučaju uočavanja onečišćivanja okoliša prikazani su u Tablici 4. Vidljivo je da ne postoji razlika među spolovima, dok su odrasli u odnosu na maturante uvjereniji u postojanje takve službe i manje neodlučni pri iskazivanju odgovora.

Tablica 4. Postojanje službe za prijavu uočenog onečišćavanja okoliša (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Postoji	36.5	35.6	49.1	47.7
Ne postoji	13.5	10.4	12.6	10.3
Ne znam	50.0	54.0	38.3	42.0

Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Ne	Ne	Da	Da

Onečišćenje zraka

Na pitanje kako poredati medije u našem okruženju po stupnju ugroženosti ispitanici svih skupina odgovorili su na isti način: najugroženiji je zrak, potom voda i na posljetku tlo.

Odgovori na pitanje o vlastitom doprinosu onečišćenju zraka prikazani su u Tablici 5. Vidljivo je da u svim kategorijama više od polovine ispitanika pokazuje svijest o vlastitom doprinosu onečišćenju zraka. Ujedno se postavlja pitanje možemo li s tim iznosom biti zadovoljni? Razlike su značajne s obzirom na spol i dob. Postotak onih koji nisu svjesni svog doprinosa, viši je među odraslim osobama, dok su učenici neodlučniji što je i za očekivati. Nadajmo se da će odrastanjem većina njih iz kategorije neodlučnih prijeći u kategoriju pojedinaca svjesnih svoga doprinosa. Ispitanici muškog spola svjesniji su svog doprinosa onečišćenju zraka i u manjem su postotku neodlučni od ispitanica.

Tablica 5. Svijest o vlastitom doprinosu onečišćenju zraka (%)

Doprinos	UM	UŽ	OM	OŽ
Ne doprinosim	27.2	26.1	31.6	33.8
Doprinosim	58.4	51.2	57.9	51.9
Ne znam	14.4	22.7	10.5	14.3
Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Da	Da	Da

Razine onečišćenja zraka

Na upit o razinama onečišćenja zraka u Zagrebu ponuđeno je pet odgovora: neznatna, niska, srednja, visoka i zabrinjavajuća. Odgovori su prikazani u Tablici 6.

Tablica 6. Ocjene razina onečišćenja zraka (%)

Razina onečišćenja	UM	UŽ	OM	OŽ
Neznatna	1.4	0.9	1.6	0.7
Niska	5.4	1.9	4.1	1.7
Srednja	53.4	37.6	38.0	34.2
Visoka	24.7	41.1	37.3	41.7
Zabrinjavajuća	15.1	18.5	18.9	21.7
Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Da	Da	Ne

Rijetki ispitanici smatraju da su razine niske ili neznatne, dok ih veliki broj smatra srednjim i visokim, a čak do 20% zabrinjavajućim. Pokazuje se značajna razlika ($p < 0.001$) između spolova, kao i razlika između dobnih skupina kod muškaraca. Žene su sklonije razine onečišćenja smatrati višim u odnosu na muškarce, a isto tako i odrasli muškarci u odnosu na učenike.

Na upit o procjeni promjene opće razine onečišćenja zraka u Zagrebu tijekom vremena, ispitanici su dali odgovore prikazane u Tablici 7. Četiri petine ispitanika smatra da se razine koncentracija onečišćenja s vremenom povećavaju (odrasli muškarci nešto manje) što predstavlja visok postotak i ukazuje na opću zabrinutost stanovništva.

Tablica 7. Mišljenja ispitanika o promjena razina onečišćenja zraka tijekom vremena (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Smanjuje	2.2	0.5	5.5	2.5
Povećava	79.3	79.3	73.6	77.6
Ne mijenja	4.1	4.9	10.0	6.9
Ne znam	14.4	15.4	10.9	13.0

Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Da	Da	Da

Zakonski propisi

Odgovori o potrebitosti zakonskih propisa o zaštiti zraka prikazani su u Tablici 8. Odrasli ne pokazuju razliku između spolova, dok je ta razlika kod učenika izražena. Razlike s obzirom na dob su također značajne za oba spola. Učenici su neodlučniji od odraslih, dok odrasli u većem postotku smatraju postojanje propisa o zaštiti zraka od onečišćivanja potrebnim.

Tablica 8. Mišljenja ispitanika o potrebi postojanja zakonskih propisa o zaštiti zraka od onečišćenja (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Nepotrebni	3.6	1.1	0.6	0.7
Potrebni	88.6	92.6	96.5	96.3
Ne znam	7.8	6.3	2.9	2.9

Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Ne	Da	Da

Tablica 9. Mišljenja ispitanika o postojanju zakonskih propisa o zaštiti zraka od onečišćenja u Republici Hrvatskoj (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Ne postoje	14.4	10.4	7.7	6.5
Postoje	22.5	15.6	53.2	42.6
Ne znam	63.1	74.0	39.1	50.9

Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Da	Da	Da

Postojanje navedenih propisa u našem zakonodavstvu ispitanici su ocijenili kako je prikazano u Tablici 9. Nizak postotkak pozitivnih odgovora, naročito kod mladih, ukazuje na značajnu neobaviještenost, čime nikako ne možemo biti zadovoljni. Značajne su razlike, kako prema dobi, tako i prema spolu. Odrasli su manje neodlučni i u višem postotku znaju za postojanje propisa. Isto vrijedi za muškarce u odnosu na žene u obje dobne skupine.

Izvori onečišćenja

Gotovo svi ispitanici (učenici u nešto nižem postotku) smatraju da je potrebna redovita zakonska kontrola izvora onečišćenja zraka (Tablica 10). Ipak, postoji značajna razlika s obzirom na dob, kao i razlika s obzirom na spol kod učenika. Mladi su ponovno neodlučniji u odgovorima. Učenici u nešto višem postotku misle da navedene kontrole nisu potrebne.

Provede li se prema mišljenju ispitanika takve kontrole u Republici Hrvatskoj, prikazano je u Tablici 11. Razlike u mišljenjima između pojedinih skupina izražene su slabije s obzirom na spol i mnogo jače s obzirom na dob ispitanika. Odrasli ispitanici u višem postotku vjeruju u provođenje kontrola izvora onečišćenja i manje su neodlučni pri odgovaranju.

Tablica 10. Mišljenja ispitanika o potrebi zakonske kontrole izvora onečišćenja zraka u Republici Hrvatskoj (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Nepotrebna	3.7	0.7	0.7	0.6
Potrebna	89.7	94.1	97.8	97.2
Ne znam	6.6	5.2	1.5	2.3

Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Ne	Da	Da

Tablica 11. Mišljenja ispitanika o provođenju zakonske kontrole izvora onečišćenja zraka u Republici Hrvatskoj (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Ne postoje	24.9	19.5	26.8	21.1
Postoje	12.7	12.2	31.3	27.4
Ne znam	62.4	68.3	41.9	51.5

Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Da	Da	Da

Mjerenja razina onečišćenja zraka

Dobiveni odgovori o potrebi mjerenja razina onečišćenja zraka u gradovima prikazani su u Tablici 12. Većina (>93%) ispitanika u svim populacijskim podskupinama smatra takva mjerenja nužnim. Ne postoji razlika među spolovima, dok je ona s obzirom na dob dobro izražena. Odrasli su odlučniji i uvjereniji u potrebu mjerenja.

O tome da li se takva mjerenja i provode, ispitanici su se izjasnili na način prikazan u Tablici 13. Postoje značajne razlike u odgovorima s obzirom na dob, dok se razlika među spolovima ne pokazuje. Odrasli u mnogo većem postotku znaju za provođenje mjerenja razine onečišćenja zraka, no sagledavši odgovore u cjelini, stupanj obaviještenosti populacije nezadovoljavajuće je nizak.

Tablica 12. Mišljenja ispitanika o potrebi mjerenja razina onečišćenja zraka u gradovima (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Nepotrebna	2.4	1.3	0.4	0.5
Potrebna	93.1	94.7	97.3	97.9
Ne znam	4.6	4.0	2.4	1.6

Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Ne	Ne	Da	Da

Tablica 13. Mišljenja ispitanika o provođenju mjerenja razina onečišćenja zraka u gradovima (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Ne provode se	16.6	13.8	18.4	15.7
Provede se	22.4	19.9	41.9	39.9
Ne znam	61.0	66.3	39.7	44.4

Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Ne	Ne	Da	Da

Odgovori na postavljena pitanja o postojanju i provođenju propisa, odnosno kontrole izvora i razina onečišćenja, pokazuju znatne disproporcije između želja-potreba i obaviještenosti. Svijest ispitanika o tome vidi se iz odgovora o potrebi redovitog obavješćavanja javnosti o razinama onečišćenja zraka putem sredstava javnog priopćavanja prikazanih u Tablici 14. Ispitanici svih skupina smatraju obavijesti o razinama onečišćenja zraka izrazito važnim. Pokazuje se razlika u odnosu na dob, a kod učenika i u odnosu na spol. Odrasli ispitanici pokazuju veću potrebu za obavijestima u odnosu na mlade, dok su učenici za njih manje zainteresirani od učenica.

Tablica 14. Mišljenja ispitanika o potrebi redovitog obavješćavanja o razinama onečišćenja zraka u gradovima putem sredstava javnog priopćavanja (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Nepotrebne	4.7	1.2	1.5	0.5
Potrebne	87.5	92.4	96.1	97.2
Štetne	2.5	0.7	0.5	0.6
Ne znam	5.2	5.7	1.9	1.7

Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Ne	Da	Da

Doprinos pojedinca očuvanju kvalitete zraka

Odgovori ispitanika na pitanje o tome da li su voljni utjecati na poboljšanje kvalitete zraka prikazani su u Tablici 15. Pokazuju se značajne razlike s obzirom na spol i dob. Visok postotak potvrdnih odgovora daje dobru sliku i govori o potencijalnom angažmanu kojim je uz mjere edukacije i obavješćavanja moguće proizvesti značajan pozitivni učinak za unaprijeđenje kvalitete zraka u Zagrebu. Muškarci, naročito

učenici, u nešto su manjem postotku spremni dati svoj doprinos. Isti zaključak vrijedi za ispitanike mlađe skupine u odnosu na odrasle osobe.

Na pitanje da li je taj doprinos moguće dati kao pojedinac, ispitanici su odgovorili na način prikazan u Tablici 16. Većina odraslih smatra mogućim individualni doprinos i ne pokazuje se razlika s obzirom na spol. Mladi manje od odraslih vjeruju u mogućnost individualnog doprinosa, učenici još manje od učenica.

O mogućnosti organiziranog individualnog doprinosa, ispitanici iskazuju bitno drugačije odgovore (Tablica 17). Mladi, za razliku od odraslih, više vjeruju u organizirane aktivnosti nego li u samostalan doprinos. Izražene su razlike između spolova. Muškarci u većem postotku ne vjeruju u mogućnost organiziranja, dok su žene nešto neodlučnije pri odgovoranju.

Tablica 15. Spremnost vlastitom doprinošenju poboljšanju kvalitete zraka (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Ne želim	7.2	2.6	0.7	0.9
Želim	85.3	92.1	95.9	97.2
Ne znam	7.5	5.3	3.4	1.9
Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Da	Da	Da

Tablica 16. Mogućnost individualnog doprinosa poboljšanju kvalitete zraka (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Nije moguće	35.4	26.4	19.5	15.8
Moguće je	49.4	57.3	70.7	73.6
Ne znam	15.2	16.3	9.9	10.6
Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Ne	Da	Da

Tablica 17. Mogućnost organiziranog doprinosa poboljšanju kvalitete zraka (%)

	UM	UŽ	OM	OŽ
Nije moguće	9.0	3.6	17.1	13.4
Moguće je	76.1	77.4	62.8	62.6
Ne znam	14.9	19.1	20.1	24.0
Razlike	UM-UŽ	OM-OŽ	UM-OM	UŽ-OŽ
	Da	Da	Da	Da

Zaključci

- Stanovnike Zagreba najviše zaokupljaju problemi pri zapošljavanju (učenici), odnosno u gospodarstvu (odrasli), slijede problemi u zdravstvu, potom problemi u okolišu i školstvu koje ispitanici tretiraju podjednako značajnim, dok su problemi (s kojima se svakodnevno susrećemo) u prometu najmanje važni za sve kategorije ispitanika.
- Sve skupine ispitanika smatraju da je onečišćenje okoliša prvenstveno zdravstveni problem, dok je na zadnjem mjestu estetska komponenta onečišćenje okoliša. Učenici, za razliku od odraslih, daju prednost etičkoj komponenti pred gospodarskom.
- Rješavanje problema onečišćenja okoliša odrasli neovisno o spolu smatraju kao ekonomski isplativo. Odrasli za razliku od mladih više vjeruju u isplativost i u manjem su postotku neodlučni. Učenice u većem postotku od učenika vjeruju u isplativost, no ujedno su i neodlučnije od njih pri donošenju svog stava.
- Ispitanici u vrlo visokom postotku smatraju da je postojanje propisa nužno, kao i kontrola izvora onečišćenja i provođenje mjerenja razina onečišćenja u zraku.
- Istovremeno je informiranost ispitanika obje dobne skupine o navedenim pitanjima vrlo niska. Gotovo svi ispitanici smatraju potrebnim redovito obavješćavanje o razinama onečišćenja putem sredstava javnog priopćavanja.
- Rijetki ispitanici smatraju da su razine onečišćenja zraka u Zagrebu niske ili neznatne, dok ih veliki postotak smatra srednjim i visokim, a do 20% ispitanika čak zabrinjavajućim.
- Četiri petine ispitanika smatra da se razine onečišćenja zraka u Zagrebu vremenom povećavaju. Tako visok postotak ukazuje na opću zabrinutost i lošu informiranost stanovništva.
- Ispitanici u visokom postotku žele doprinijeti poboljšanju kakvoće zraka, no manje od polovine ih smatra da to mogu postići individualnim angažmanom, a dvije trećine da se to može postići organiziranim djelovanjem.

Općenito možemo zaključiti: problematika onečišćenja okoliša ušla je u svijest stanovnika Zagreba. Zagrepčani su zabrinuti i neinformirani po pitanju onečišćenja zraka, ali i voljni doprinijeti poboljšanju stanja. Uz daljnji razvoj, donošenje i provođenje propisa, praćenje razina onečišćenja i kontrolu njihovih izvora, rad na boljoj informiranosti i edukaciji predstavlja slijedeći nužan korak u borbi za čišći i zdraviji okoliš, te ujedno bolje i zdravije društvo. Rezultati istraživanja trebaju predstavljati osnovu za iznalaženje načina i puta obrazovanja i izgradnje svijesti o problemu onečišćenja, te poslužiti kao pomoć u svrhu popularizacije područja, definiranju i pripremi nastavnog gradiva, popularno-stručnih predavanja, odnosno pisanja znanstveno popularnog štiva s navedenom tematikom.

Literatura

1. Čulig, B: Ekološke orijentacije i informiranost o ekološkoj problematici. Soc.Ekol. **1**(1992) 37-50.
2. Racz, A.: Percepcija konkretnih oblika ugrožavanja i zagađivanja čovjekove okoline na zagrebačkom području. Soc.Ekol. **2**(1993) 179-188
3. Čulig, B: Tko kome i zašto vjeruje u ekologiji: analiza izvora i subjekata informiranja. Soc.Ekol. **1**(1992) 447-458.
4. Šega, K.: Sick building syndrome - a case study in Zagreb. Arh. Hig. Rada toksikol. **45** (1994) 1-10.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Nećak, J.¹, Papišta, D.,¹ Jelavić, V.²

Ciljevi i mjere za djelotvornu zaštitu i poboljšanje kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj

Sažetak: *Djelotvoran sustav upravljanja kakvoćom zraka podrazumijeva, na jednoj strani izgradnju informacijskog sustava koji sadrži podatke o emisijama, stanju kakvoće zraka, prihvatnom kapacitetu okoliša i tehnologijama, a na drugoj strani učinkovite instrumente za provedbu zaštite zraka (institucionalni okvir, regulativa, ekonomske poticajne mjere i povlastice, obrazovanje, istraživanja itd.). Cilj je uskladiti ljudske aktivnosti i pritiske s prihvatnim kapacitetom okoliša, uzimajući u obzir potrebe i pravo budućih generacija na čist zrak i okoliš.*

Sustavan pristup zaštiti zraka u Republici Hrvatskoj započet je donošenjem Zakona o zaštiti okoliša, Zakona o zaštiti zraka te podzakonskih propisa donesenih na temelju ovih zakona, a nastavlja se izradom Strategije zaštite zraka kao dijela Strategije zaštite okoliša. Zadatak strategije je usklađivanje potreba gospodarskog razvoja sa zahtjevima zaštite zraka, uzimajući u obzir sve aspekte onečišćenja. Za svaki problem, počevši od lokalne, regionalne i globalne razine daju se glavni uzroci te predlažu prioriteti i osnovne mjere za učinkovito djelovanje.

U članku se daju osnovne postavke nacrtu Strategije zaštite zraka, projekcije emisija onečišćujućih tvari u zrak do 2010. godine, strateški pravci djelovanja i prioriteti na državnoj razini i razini županije, te program kratkoročnih i dugoročnih mjera za suzbijanje onečišćenja zraka.

Goals and Measures for Air Protection Efficiency and Air Quality Improvement in the Republic of Croatia

Summary: *Efficient air quality management system includes development of information system that would contain data of emissions, air quality, environment reception capacity and technologies on one hand, and on the other-efficacious instruments for air protection implementation (institutional framework, regulations, economic measures and incentives, education, research etc.). The goal is to coordinate human activities and pressures with*

1 Jasenka Nećak, Danko Papišta, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb

2 Vladimir Jelavić, Ekonerg holding, Zagreb

environment reception capacity, taking into consideration the need and right of the coming generations for clean air and environment. Systematic approach to air protection in the Republic of Croatia started with legislation of the Law on Environmental Protection, Law on Air Quality, and By-Law Regulations based on those Laws, and continues with working out of Air Protection Strategy as a part of Environment Protection Strategy.

The task of the Strategy is to coordinate needs of economic development with air protection needs, taking into consideration all aspects of pollution. For each problem, starting from local, regional and global level, main causes are given and priorities and fundamental measures for efficacious action are suggested.

The article gives basic propositions of Air Protection Strategy, projections of polluting substances' emissions to the air up to 2010., strategic directions of actions and priorities on State and County level, as well as a program of short-term and long-term measures for air pollution control.

Uvod

Zaštita okoliša nesumnjivo je jedna od najzahtjevnijih i najsloženijih aktivnosti jer zadire u sve organizacijske dijelove ljudskog društva te je učinkovito institucionalno ustrojavanje sustava zaštite okoliša na razini države i lokalne samouprave i uprave od iznimne važnosti za Republiku Hrvatsku. Zbog toga je Zakonom o ustrojstvu i djelokrugu ministarstava i državnih upravnih organizacija ustrojena Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, nadležna za zaštitu prirode i okoliša u Republici Hrvatskoj.

Primjenom pravne infrastrukture zaštite okoliša Hrvatska slijedi moderna međunarodna iskustva što je temeljeno prije svega na Ustavu Republike Hrvatske, a zatim na Deklaraciji o zaštiti okoliša. Uspostavljeni pravni okvir zaštite okoliša može se smatrati, na zakonskoj razini, većim dijelom dovršenim no predstoji još donošenje podzakonskih propisa, a nakon toga slijedi vrijeme usuglašavanja, povezivanja ili otklanjanja propusta.

Republika Hrvatska stranka je većeg broja međunarodnih ugovora iz područja zaštite okoliša, a provodeći te ugovore Hrvatska djeluje sustavno, planski i koordinirano u razvoju međunarodnog prava zaštite okoliša. Hrvatska je potpisala i/ili potvrdila niz međunarodnih ugovora od značaja za zaštitu atmosfere, posebno zaštitu zraka.

Mjere i načini organiziranja i provođenja zaštite i poboljšanja kakvoće zraka određeni su Zakonom o zaštiti zraka, a za dugoročno određivanje i usmjeravanje ciljeva upravljanja okolišem Zakon o zaštiti okoliša određuje donošenje strategije zaštite okoliša, odnosno zaštite zraka kao dijela te strategije. Strategija mora uvažiti osnovna načela zaštite okoliša, temeljena na poštivanju načela međunarodnog prava zaštite okoliša, te uvažavanju znanstvenih spoznaja i najbolje svjetske prakse, odnosno poštivajući sljedeća načela:

- načelo preventivnosti,
- načelo cjelovitosti,
- načelo poštivanja prava,

- načelo javnosti i sudjelovanja,
- načelo plaćanja troškova uzrokovanih onečišćavanjem,
- načelo očuvanja vrijednosti prirodnih izvora i biološke raznolikosti, te
- načelo zamjene ili nadomještanja drugim zahvatom.

Kod lokalnih i urbanih problema onečišćenja najveće težište se stavlja na zdravlje i zaštitu zdravlja ljudi, a zatim materijalnih dobara i kulturno nasljeđe. Kada se radi o regionalnim problemima spektar problema koje treba rješavati se proširuje. On obuhvaća zdravlje ljudi, zaštitu materijalnih dobara, šuma i tla, te njihove ekosustave. Regionalno onečišćenje se ne može izbjeći i ne može se spriječiti samo lokalnim mjerama. Ovaj problem nadilazi granice jedne države i nužno se rješava na međunarodnoj razini.

Dodatna skupina problema odnosi se na promjenu kemijskog sastava atmosfere kao posljedice ljudskih aktivnosti. Ova skupina problema otvara pitanja razgradnje i narušavanja zaštitinog ozonskog omotača Zemlje, odnosno ima za posljedicu pojačano ultra-ljubičasto zračenje (UV-B) i problem klimatskih promjena sa svim socio-ekonomskim posljedicama koje one nose.

Pored donošenja potrebnih podzakonskih propisa i njihove djelotvorne provedbe, sustavni pristup zaštiti zraka ostvarit će se i donošenjem strategije zaštite zraka, kao sastavnog dijela strategije zaštite okoliša, kojom će se uskladiti potrebe gospodarskog razvoja Republike Hrvatske sa zahtjevima zaštite zraka, uzimajući u obzir sve aspekte onečišćavanja.

Postupnom realizacijom strategije zaštite zraka, kako na državnoj razini tako i na lokalnim razinama, težiti će se primarnom cilju - zaštititi i poboljšanju kakvoće zraka, te postizanju prve kategorije kakvoće zraka na cjelokupnom teritoriju Republike Hrvatske, jer sustavnu skrb o kakvoći zraka nalaže i članak 52. Ustava Republike Hrvatske koji kaže da uz sva druga prirodna, kulturna, povijesna i materijalna dobra i zrak kao prirodno bogatstvo od interesa za Republiku Hrvatsku ima njezinu osobitu zaštitu.

Općenito se može utvrditi da djelotvoran sustav upravljanja kakvoćom zraka podrazumijeva, između ostalog:

- donošenje adekvatnih zakonskih propisa glede ograničavanja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih, mobilnih i difuznih izvora, preporučenih i graničnih vrijednosti kakvoće zraka, načina mjerenja i prikupljanja podataka, načina provjere kakvoće mjerenja kao i načina obrade i prikaza rezultata,
- donošenje programa zaštite i poboljšanja kakvoće zraka na razini županije,
- evidentiranje i praćenje emisije i izvora onečišćavanja na razini županije, odnosno grada,
- primjena ekonomskih poticajnih mjera i povlastica,
- kvalitetan nadzor nad provedbom odredbi donijetih zakonskih propisa glede emisija, imisija i standarda kakvoće proizvoda, te uvjetima i načinu rada pravnih osoba koje imaju suglasnost za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša.

Osnovna svrha donošenja strategije zaštite zraka je zaštita i poboljšanje kakvoće zraka na lokalnoj razini čime se ostvaruju uvjeti za zdrav život i unaprjeđivanje aktivnosti koje su u izravnoj sprezi s čistim okolišem. Ograničenjem emisije na lokalnoj razini smanjuje se također udio Republike Hrvatske u regionalnom i globalnom onečišćenju atmosfere te omogućuje djelotvorna provedba odredaba međunarodnih ugovora.

1. Zakonodavni okvir

Temeljni propis koji određuje mjere, način organiziranja i provođenja zaštite i poboljšanja kakvoće zraka je *Zakon o zaštiti zraka*. Ovaj je Zakon usklađen s međunarodnim ugovorima iz područja zaštite zraka čija je stranka Republika Hrvatska.

Uredbom o preporučenim (PV) i graničnim (GV) vrijednostima kakvoće zraka propisane su brojčane vrijednosti PV i GV, razdoblje praćenja i vrijeme usrednjavanja. PV su razine koncentracija onečišćujućih tvari ispod kojih se utjecaj na zdravlje ljudi ne očekuje ni pri trajnoj izloženosti. GV su razine koncentracija onečišćujućih tvari ispod kojih se ne očekuje štetno djelovanje na zdrave osobe, ali pri dugotrajnoj izloženosti njihovom utjecaju postoji rizik mogućeg utjecaja na osjetljive skupine, biljke pa i materijalna i kulturna dobra. Vrijednosti PV i GV su dane za osnovne onečišćujuće tvari u zraku naselja i posebne onečišćujuće tvari koje se očekuju u emisijama pojedinih izvora onečišćavanja zraka.

Jedan od glavnih instrumenata zaštite i poboljšanja kakvoće zraka je obveza da izvori onečišćavanja zraka ne smiju ispuštati u zrak onečišćujuće tvari iznad graničnih vrijednosti emisije (GVE). Propisivanjem GVE osigurava se primjena najboljih dostupnih i primjenjivih tehnologija, rješenja i mjera kao i zaštita neposrednog okoliša i daljinskog ili prekograničnog onečišćenja zraka. *Uredbom o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora* (Uredba o GVE) propisane su granične vrijednosti emisije kao dio mjera za sprječavanje i smanjivanje onečišćavanja zraka.

Uredba o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva propisuje standarde kakvoće tekućih naftnih goriva koji se stavljaju u promet na teritoriju države u cilju poboljšanja kakvoće okoliša - zraka. Uredbom su obuhvaćena tekuća naftna goriva: bezolovni motorni benzin, motorni benzini s olovom, petroleji za loženje i rasvjetu, dizelska goriva i loživa ulja.

Pravilnikom o katastru emisija u okoliš propisuje se obveza prikupljanja podataka o izvorima, vrsti, količini i načinu i mjestu unošenja, ispuštanja ili odlaganja štetnih tvari u okoliš.

Međunarodni ugovori iz područja zaštite zraka, kojima su stvorene neposredne obveze za Republiku Hrvatsku za čije izvršavanje se stara Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, jesu:

- Bečka konvencija o zaštiti ozonskog omotača (1991),
- Montrealski protokol o tvarima koje oštećuju ozonski omotač (1991) i njegove

izmjene i dopune: Londonski amandman (1994) i Kopenhagenski amandman (1996),

- Okvirna konvencija UN o promjeni klime (1996),
- Konvencija o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka (1991)
- Protokol Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka u svezi s dugoročnim financiranjem programa suradnje za praćenje i procjenu dalekosežnog prekograničnog prijenosa onečišćujućih tvari u zraku u Europi (EMEP protokol, 1991).
- Protokol o daljnjem smanjenju emisija sumpora Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka (1999).

Republika Hrvatska također je potpisala u 1998. godini nova dva protokola Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka: Protokol o teškim metalima i Protokol o postojećim organskim onečišćivačima te je također potpisala, u ožujku 1999. godine, Kyoto protokol Okvirne konvencije UN o promjeni klime. Obveza Republike Hrvatske prema Protokolu o daljnjem smanjenju emisija sumpora je smanjiti emisije SO₂ u odnosu na 1990. godinu 17% do 2000. godine. Republika Hrvatska kao stranka Okvirne konvencije o promjeni klime deklarirala je da će izvršavati obveze iz Dodatka I zemalja te time preuzela obvezu zadržavanja emisije CO₂ na razinu 1990. godine do 2000. godine. Prema Kyoto protokolu Republici Hrvatskoj je određeno smanjenje emisije stakleničkih plinova na 95% u 2010. godini, u odnosu na godinu s najvišom emisijom, odnosno prema izabranoj godini između 1985. i 1990. godine.

2. Ciljevi i mjere

2.1. Ciljevi i zakonodavne mjere na razini Države

Strateški ciljevi glede problematike zaštite zraka na razini Države mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine i to:

- *Temeljni ciljevi za razdoblje do 2010. godine*
 - postizanje kakvoće zraka prve kategorije na cjelokupnom teritoriju države,
 - smanjenje emisija glavnih onečišćujućih tvari iz industrijskih postrojenja,
 - smanjenje emisija glavnih onečišćujućih tvari iz termoelektrana,
 - smanjenje emisija glavnih onečišćujućih tvari iz kućnih ložišta i ložišta široke potrošnje,
 - smanjenje emisija iz prometa,
 - ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač (TOOO),
 - smanjenje emisija stakleničkih plinova,
 - smanjenje uzročnika pojave fotokemijskog smoga i troposferskog ozona.
- *Okvirni ciljevi po onečišćujućim tvarima do 2010. godine*
 - Staklenički plinovi. Smanjenje emisija stakleničkih plinova u skladu s odredbama Kyoto protokola - staklenički učinak emisije plinova CO₂, CH₄, N₂O, HFC, SF₆ i PFC potrebno je smanjiti za pet posto u razdoblju 2008.-

2012. godine u odnosu na emisije iz izabrane temeljne godine.
- TOOO. Primjena donijetih zakonskih propisa. Zabrana ispuštanja TOOO u zrak te prikupljanje i uporaba TOOO.
 - SO₂. Smanjenje ukupne emisije na teritoriju Države najmanje na razinu propisane kvote u međunarodnim ugovorima – do 2010. godine smanjiti emisije za 60% u odnosu na 1990. godinu. Smanjiti emisije iz postojećih stacionarnih izvora do razine propisanih graničnih vrijednosti.
 - NO_x. Smanjenje ukupne emisije na teritoriju Države najmanje na razinu propisane kvote u međunarodnim ugovorima - do 2010. godine smanjiti emisije za 10% u odnosu na 1990. godinu. Smanjiti emisije iz postojećih stacionarnih izvora do razine propisanih graničnih vrijednosti.
 - Hlapivi organski spojevi. Smanjenje ukupne emisije na teritoriju Države najmanje na razinu propisane kvote u međunarodnim ugovorima – do 2010. godine smanjiti emisije za 15% u odnosu na 1990. godinu. Smanjiti emisije iz postojećih stacionarnih izvora do razine propisanih graničnih vrijednosti. Izraditi program upravljanja otapalima te propisati mjere za smanjenje emisija iz difuznih izvora.
 - Teški metali. Smanjenje ukupne emisije na teritoriju Države na razine propisane međunarodnim ugovorima. Ukidanje potrošnje motornog benzina s olovom do 2005. godine.
 - Čestice. Primjena donijetih propisa.

U svrhu ostvarivanja dugoročnih ciljeva na razini Države, a u okviru zakonodavnih mjera, potrebno je u razdoblju od tri godine:

- izvršiti kategorizaciju države prema stupnju onečišćenosti zraka,
- propisati lokacije postaja za praćenje kakvoće zraka u državnoj mreži te program i metodologiju mjerenja kakvoće zraka u državnoj mreži,
- propisati dopuštene emisije onečišćujućih tvari iz difuznih izvora,
- propisati kritične razine onečišćenja zraka u naseljima,
- propisati preporučene i granične vrijednosti kakvoće zraka u nenaseljenim područjima radi zaštite vegetacije,
- donijeti nacionalni program smanjivanja emisija stakleničkih plinova te pravila za primjenu mehanizama prilagodbe Kyoto protokolu,
- uskladiti hrvatske propise s propisima Europske unije i međunarodnim ugovorima, glede dopuštenih vrijednosti emisija onečišćujućih tvari i imisijskih koncentracija u zraku,
- uskladiti hrvatske standarde s europskim standardima za mobilne izvore i tekuća naftna goriva,
- propisati uvođenje naknade za onečišćavanje zraka iz stacionarnih izvora,
- donijeti program razvoja javnog prijevoza u gradovima,
- potvrditi međunarodne ugovore koji su već potpisani ili su u pripremi za potpisivanje, a od značaja su za ukupnu zaštitu zraka u Republici Hrvatskoj.

2.2. Ciljevi i mjere za smanjenje emisija

U nastavku iskazuju se ciljevi i mjere za smanjenje emisije sumporovog dioksida, dušikovih oksida i stakleničkog plina CO₂. Postavljeni ciljevi proizlaze prvenstveno zbog problema regionalnih i globalnih razmjera kao što su zakiseljavanje, eutrofikacija, prizemni ozon i klimatske promjene. Dakako, smanjenjem emisije, osobito niskih izvora kao što je promet ili vrlo mala i mala ložišta postižu se ujedno i poboljšanja kakvoće zraka na lokalnoj razini.

Sumporov dioksid (SO₂)

Protokolom o daljnjem smanjenju emisije sumpora za Hrvatsku je ograničena emisija na 133 000 t/god. u 2000. godini. Hrvatska postojećom emisijom od 80 000 t/god i mjerama koje su u primjeni zadovoljava postavljene uvjete ovoga Protokola. Međutim, u okviru novo priređenog Protokola o smanjenju acidifikacije, eutrofikacije i prizemnog ozona Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka, koji uvodi pristup "višeučinskog djelovanja više tvari", postavljaju se dodatne obveze za smanjenje emisije sumpora, pa je tako za Hrvatsku propisana obveza smanjenja ukupne emisije na razinu od 70 000 t/god u 2010. godini. Procjene pokazuju da je uz postojeću regulativu moguće postići smanjenje emisije do razine od 45 000 t/god u 2010. godini, što je smanjenje za 75% u odnosu na 1990. godinu.

Glavni zakonodavni instrumenti za smanjenje emisije sumpora su postojeća Uredba o GVE i Uredba o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva. Tako će, nakon 2002. godine, sadržaj sumpora u loživim uljima biti manji od 1%, odnosno u ekstra lakom loživom ulju manji od 0,2% te u dizelskom gorivu manji od 0,05 posto. Danas loživa ulja imaju sadržaj sumpora od 1 do 4%, a dizelska goriva od 0,3 do 0,5%. Nakon 2000. godine, zbog prelaska TE Plomin 1 s mješavine raškog i uvoznog ugljena na samo uvozni niskosumporni ugljen (<1 posto), emisija SO₂ smanjit će se za 15 000 t/god. Iako se u razdoblju do 2010. planira ulazak u pogon dvije nove termoelektrane neće biti dodatnog porasta emisije SO₂ jer se radi o termoelektranama na plin.

Dušikovi oksidi (NO_x)

Odlučujuću ulogu u smanjenju ukupne emisije dušikovih oksida imat će cestovni promet. S obzirom da Hrvatska nije proizvođač vozila, ostvarenje postavljenog cilja ovisit će većim dijelom o provedbi mjera u Europi i udjelu starih i novih vozila iz uvoza.

Za ložišta, dopuštene emisije NO_x propisane Uredbom o GVE, sukladne su važećim smjernicama Europske unije. Propise o emisiji treba neprestano usklađivati sa stanjem tehnika za smanjenje emisije što znači primjenjivati najbolje raspoložive mjere koje ne iskazuju pretjerane troškove (BATNEEC).

U analizi mogućnosti smanjenja emisije NO_x razmatrano je nekoliko različitih scenarija koji se uglavnom razlikuju po emisijama iz prometa. Što se tiče stacionarnih izvora, za nova postrojenja pretpostavljena je primjena BATNEEC

mjera u skladu sa smjernicama Europske unije, dok je za postojeće stacionarne izvore pretpostavljeno da će u potpunosti udovoljiti propisane dopuštene emisije sukladno Uredbi o GVE.

U scenariju koji s obzirom na ekonomske zahtjeve ima najveću vjerojatnost ostvarenja, pretpostavljeno je da će 75 posto osobnih benzinskih vozila 2010. godine biti u klasi EURO I (Direktiva 93/441/EEC) ili višoj koja imaju emisiju 70-80 posto manju od vozila bez ikakvih tehničkih mjera zaštite. Radi se o vozilima s 3-staznim katalizatorom ili s dodatnim konstrukcijskim poboljšanjima. Postupnim povećanjem udjela sve kvalitetnijih vozila, emisije će se iz prometa postupno smanjivati čime se kompenzira porast mobilnosti i porast emisija iz ložišta.

U 2010. godini, emisija NO_x mogla bi po najvjerojatnijem scenariju biti manja za 20% od emisije u 1990. godini. To znači da Hrvatska može udovoljiti zahtjevima novog Protokola o smanjenju acidifikacije, eutrofikacije i prizemnog ozona Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka, kojim se propisuje za Hrvatsku zadržavanje na razinu ukupne emisije iz 1990. godine, odnosno 87 000 t/god u 2010.

Staklenički plinovi

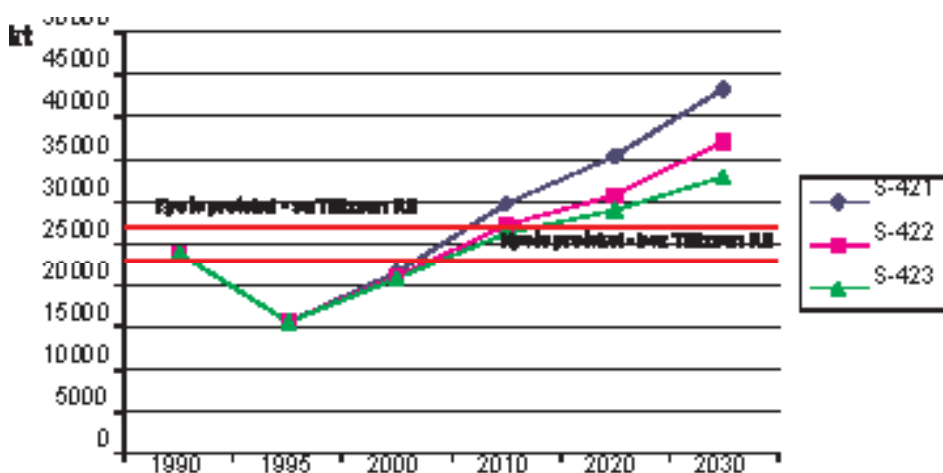
Ukupna emisija stakleničkih plinova u Hrvatskoj u 1997. godini iznosila je 27,9 milijuna t eqCO_2 pri čemu je udjel emisije ugljikovog dioksida 71%, metana 18% i dušikovih oksida 11%. U planiranju mjera, najveće napore potrebno je uložiti u smanjenje emisije ugljikovog dioksida, budući da je njegova emisija izravno povezana s potrošnjom fosilnih goriva. Potrošnja fosilnih goriva raste, i jasno je da fosilno gorivo neće biti moguće supstituirati drugim oblicima energije još dugo vremena u budućnosti.

Hrvatskoj je Kyoto protokolom određeno smanjenje emisije stakleničkih plinova do 2010. godine (prosjeck 2008.-2010. godine) u odnosu na osnovnu godinu za 5%. Ako se 1990. godina uzme kao osnovna godina, tada je emisiju s 23,5 Mt/god potrebno smanjiti na 22,2 Mt/god, odnosno sa 4,9 t/stanovnik na 4,7 t/stanovnik. Emisija CO_2 nakon 1992. raste, u razdoblju od 1992.-1997. godine prosječno 3 posto godišnje. S obzirom da je u 1997. godini emisija iznosila 4,3 t/stanovnik, proizlazi da je moguće dodatno povećanje, a da se ne prekorači Kyoto granica, 0,4 t/stanovnik. Za ilustraciju, to odgovara oko 140 l loživog ulja po stanovniku ili 1900 km prijeđenih osobnim vozilom po stanovniku. Ako bi se nastavio trend porasta emisije kao što je bio u posljednjih pet godina, do prekoračenja Kyoto granice došlo bi već 2002. godine. Navedeno razmatranje je približno, budući da promatra samo emisiju CO_2 , dok promjene u ostalim stakleničkim plinovima nisu uzete u obzir.

U nastavku daju se projekcije emisije CO_2 temeljem analiza provedenih tijekom pripreme energetske strategije Hrvatske, gdje su razmatrana tri scenarija: scenarij S-421 - Klasične tehnologije i bez aktivnih mjera države, S-422 - Nove tehnologije

i aktivne mjere države i S-423 – “ekološki” scenarij. Scenarij S-421 predviđa porast ukupne potrošnje energije do 2010. godine za 61 posto, scenarij S-422 za 56 posto, a scenarij S-423 za 54 posto.

Na slici 1. prikazane su projekcije emisije za sva tri scenarija, a u nastavku se komentira scenarij S-423 koji polazi od pretpostavke da će globalni problem stakleničkih plinova i koncepta održivog razvitka već do 2010. godine osjetno djelovati na preusmjeravanje sveukupne svjetske industrije i gospodarstva uopće, na izrazito učinkovite tehnologije i prema obnovljivim izvorima energije, uključujući i vodik.



Slika 1. Projekcije emisije CO₂

Scenarijem S-423 postižu se izraziti učinci primjene obnovljivih izvora energije u razdoblju nakon 2020. godine, dok u razdoblju do 2010. nije moguće ostvariti značajnu primjenu obnovljivih izvora energije. Ipak, energija iz obnovljivih izvora u 2010. godini raste za 45 posto u odnosu na 1995. godinu. Od obnovljivih izvora, najveći udjel u čitavom razdoblju ima hidroenergija, a zatim biomasa. Ozbiljnija primjena solarne energije, energije vjetera i geotermalne energije tek bi mogla započeti oko 2010. godine, s ukupnim udjelom za navedena tri oblika obnovljivih izvora energije od 12,7 posto u 2010. godini.

Iz slike 1. se vidi da po svim scenarijima emisija CO₂ raste tako da je u 2010. godini 11 do 24% veća od emisije koja se zahtjeva Kyoto protokolom. Navedeno ukazuje da je za zadovoljenje odredbama Kyoto protokola potrebno primijeniti i niz dodatnih mjera. Treba istaknuti kako bi po svim scenarijima emisija CO₂ po stanovniku u Hrvatskoj bila manja od planiranog prosjeka u Europskoj uniji, za oko 30 posto, u 2010. godini.

Sve prethodno ukazuje na potrebu detaljnog i sveobuhvatnog razmatranja mogućnosti smanjenja emisije, ne samo u pogledu emisija CO₂ već i ostalih stakleničkih plinova. To će biti učinjeno u okviru izrade Prvog nacionalnog izvješća o klimatskim promjenama sukladno obvezama Okvirne Konvencije o promjeni klime. U okviru ovog izvješća, utvrdit će se emisija stakleničkih plinova, analizirati moguće mjere, predložiti plan djelovanja za smanjenje emisije, analizirati utjecaji klimatskih promjena i moguće prilagodbe utjecajima te izvršiti procjena ekonomskih i drugih implikacija na gospodarstvo, a u cilju donošenja konačnog plana djelovanja.

2.3. Ciljevi i mjere zaštite zraka naselja

Ciljevi koji se žele postići, glede zaštite zraka naselja (gradova i/ili gradskih naselja), temelje se prvenstveno na obvezi zaštite i sačuvanja zdravlja ljudi, biljnog i životinjskog svijeta te ostalih materijalnih dobara. Sve to treba postići usklađivanjem pritisaka na okoliš sa njegovim prihvatnim kapacitetom, uvažavajući pravo i potrebu budućih generacija za čistim zrakom.

PRIMARNI CILJEVI ZAŠTITE ZRAKA NASELJA SU:

1. Kratkoročno, postizanje kakvoće zraka II. kategorije za gradove i/ili dijelove gradskih naselja u kojima je zrak III. kategorije
2. Postizanje kakvoće zraka I. kategorije, u gradovima sa umjereno onečišćenim zrakom (zrakom II. kategorije)
3. Održanje kakvoće zraka I. kategorije
4. Verifikacija i optimalizacija monitoring sustava
5. Racionalizacija i optimalizacija prometa
6. Uspostava informacijskog sustava

1. Prvi cilj izravno proizlazi kao zakonska obveza, te nameće potrebu detaljnije analize postojećeg stanja i uzroka zbog kojih je zrak na određenom prostoru prekomjerno onečišćen (prekoračene su GV), posebno glede vrste, iznosa i učestalosti pojave, odnosno izvora onečišćenja.
2. Drugi cilj također proizlazi kao zakonska obveza, te je potrebno u gradovima s umjereno onečišćenim zrakom (prekoračene su PV ali ne GV) postupno smanjivati onečišćenja kako bi se postigle preporučene vrijednosti kakvoće zraka.
3. U svim gradovima i/ili gradskim naseljima Hrvatske, u kojima je mjerenjima tijekom 1998. godine potvrđeno da nisu prekoračene preporučene vrijednosti kakvoće zraka, te je zrak ocijenjen kao čist ili neznatno onečišćen (odnosno kakvoća zraka je I. kategorije), potrebno je djelovati preventivno u smislu obveze održanja takvog stanja kakvoće zraka. To posebno s toga što je kakvoća zraka ključni čimbenik smanjenja zdravstvenog rizika.

4. Za uspostavu relevantne i djelotvorne politike upravljanja kakvoćom zraka neophodna je jasna slika o stanju kakvoće zraka i to po vrstama, intenzitetu, čestini, prostoru i trendu. Kako se mjerila kakvoće zraka izravno odnose na imisijske učinke to je nužno objektivno utvrditi imisijske koncentracije. Taj zahtjev može ispuniti jedino kvalitetan monitoring koji je tada ujedno i temeljno oruđe za mjere prevencije, utvrđivanje ciljeva i prioriteta, formuliranje zahtjeva, precizno i korektno informiranje, određivanje utjecaja na zdravlje, određivanje čimbenika rizika i slično.
5. U gradovima Hrvatske promet postaje glavni uzročnik onečišćenja zraka prvenstveno zbog emisije NO_x , CO, hlapivih organskih spojeva, Pb, lebdećih čestica i CO_2 , što je u izravnoj vezi s povećanjem broja vozila (izgaranja goriva), bez obzira na tehnička usavršavanja.
6. Informacijski sustav čine podaci o okolišu i/ili njegovim sastavnicama pa tako i zraku, s tim da se osigura: prikupljanje, evidentiranje i čuvanje podataka o kakvoći zraka; jedinstvenost standarda, metoda i postupaka obrade podataka; povezanost podataka i informacija o kakvoći zraka; te dostupnost i javnost podataka o stanju kakvoće zraka.

Informacijski sustav treba obuhvatiti različite podatkovne podskupine od kojih se jedna odnosi na kakvoću zraka i emisije. Podaci za tu podskupinu temelje se na rezultatima u sklopu područnih mreža ili posebnih mjerenja te procjenama, rezultatima modeliranja, inspekcijskih i drugih stručnih nalaza, odnosno podacima iz katastra emisija.

2.3.1. Mjere za zaštitu zraka naselja

Spoznaje mnogih zemalja ukazuju kako je za učinkovito lokalno upravljanje okolišem u cjelini a zrakom posebno, potrebno izraditi "Lokalnu Agendu 21". To s toga jer danas upravljanje kakvoćom zraka znači stvarati zajedničke aktivnosti i osigurati suradnju lokalne uprave, prostornog planiranja, prometa i djelatnika u zaštiti okoliša, tako da se postigne usuglašeni pristup problemima okoliša, odgovornost i usklađivanje sa nacionalnim smjernicama i zakonodavstvom. Upravljanje kakvoćom zraka mora biti integralno, ne odvojeno.

U ZAŠTITI ZRAKA NASELJA DOBRE REZULTATE MOGU DATI SLJEDEĆE MJERE:

- sustavni i kvalitetan inspekcijski nadzor,
- uvođenje stroge selekcije gospodarskih djelatnosti,
- određivanje dinamike sanacije najvećih izvora onečišćavanja zraka,
- stroga provedba pravila "onečišćivač plaća",
- poboljšanje i regulacija prometa te unaprjeđenje javnog prijevoza,
- plinifikacija i priključivanje na toplinske sustave,
- poticanje korištenja obnovljivih izvora energije,
- sustavno obavješćavanje građana o stanju kakvoće zraka.

Kratkoročne mjere slijede iz činjenice da su hrvatska i europska iskustva jednaka u tome da ukupna taložna tvar (UTT), teški metali u UTT i NO₂ (ili ukupno NO_x) predstavljaju glavni, najčešći i najveći problem glede vrste onečišćenja zraka naselja, posebno velikih gradova, a glede izvora dominantan je promet. Ovisno o ostalim aktivnostima i sadržajima česta su i onečišćenja hlapivim ugljikovodicima (VOC), H₂S, lebdećim česticama (LČ) i prizemnim ozonom.

Uz dolje navedene moguće mjere za suzbijanje onečišćavanja zraka u naseljima, obvezno se mora osigurati prijavljivanje novih ali i promjene ili rekonstrukcije postojećih izvora te redovito praćenje emisija kao podloga izradi katastra emisija, a u područjima III. kategorije kakvoće zraka ne može se izdati lokacijska, građevna ili uporabna dozvola za novi izvor onečišćavanja zraka ako se ne osigura da povišenje onečišćenosti zraka u okolici objekta ne bude veće od 1% od granične vrijednosti kakvoće zraka (GV).

KRATKOROČNE MJERE S PRIJEDLOGOM ROKOVA PROVEDBE ZA SMANJIVANJE ONEČIŠĆAVANJA ZRAKA NASELJA MOGU BITI:

- poboljšanje i poticanje javnog prijevoza (rok: 3 godine),
- smanjenje uporabe osobnih vozila (3 godine),
- stupnjevanje početka radnog vremena (1 godina),
- izgradnja javnih garaža na rubovima centra (3 – 5 godina),
- sustavna i učinkovita kontrola emisije mobilnih izvora (2 godine),
- kontrola emisije malih i srednjih ložišta (2 godine),
- poboljšanje toplinske izolacije zgrada (3-5 godina).

U slučaju određivanja dugoročnih mjera za sprječavanje i smanjivanje onečišćenja zraka naselja, uz one u svezi s prometom, najznačajnije su mjere koje se odnose na gospodarske aktivnosti, primarno na proizvodnju i potrošnju energije. Kao primjer može poslužiti činjenica da zgrada od 50 stanova, s višom razinom toplinske izolacije, može uštedjeti i do 15t loživog ulja godišnje, od lošije izolirane zgrade.

Pored navedenih izravnih mjera postoje i neizravne mjere od kojih su najznačajnije one za poboljšanje objektivizacije stanja kakvoće zraka (monitoring) i mjere koje se odnose na stvaranje ekološki svjesne i odgovorne javnosti te razvijanje osjećaja osobne odgovornosti prema okolišu. U te vrste mjera treba ubrojiti i znanstvenoistraživački rad, posebno u slučajevima kada se taj rad odnosi na problem uzroka, metoda detekcije i sinergističkog učinka onečišćenja zraka na zdravlje ljudi.

Usklađivanje sustava praćenja kakvoće zraka gradova u Hrvatskoj, posebno usklađivanje tog sustava sa sličnim sustavima europskih zemalja, svakako je jedna od neizravnih ali važnih mjera glede ostvarenja postavljenih ciljeva, za što je potrebno:

- sustavom praćenja obuhvatiti svih 18 velikih i većih gradova ("grupa 18"),
- pratiti prioritetne pokazatelje: UTT, NO₂, SO₂, LC₁₀, CO, O₃,
- osuvremeniti metode mjerenja,
- za reprezentativne postaje uspostaviti mjerenje meteoroloških parametara,
- osigurati kontinuitet mjerenja po postaji i pokazateljima minimalno kroz 5 godina,
- omogućiti "on line" korištenje podataka na razini grada,
- temeljem rezultata mjerenja gradskih postaja, izraditi odgovarajuće prognostičke modele.

Odgoj i obrazovanje za okoliš je proces koji razvija svijest i razumijevanje problema okoliša s ciljem jačanja kritičkog razmišljanja glede stanja, značaja, problema, mogućnosti djelovanja i poduzimanja odgovornih akcija u okolišu. Naglašeno mjesto u tome treba imati upoznavanje mladeži sa problematikom onečišćenja zraka, posebno u gradovima gdje su svi istovremeno i subjekti i objekti tog problema. Također jedna od neizravnih mjera zaštite okoliša, ili zraka naselja posebno, je znanstveno istraživački rad na tom području. Nesporno je da su uloga i doprinos znanosti od prvorazrednog značenja u promicanju potrebe očuvanja okoliša, omogućavanja novih spoznaja, iznalaženja rješenja problema i podržavanja uravnoteženog razvoja. Obzirom na sadašnje stanje i probleme kakvoće zraka u naseljima, prednost bi trebali imati projekti u svezi s respirabilnim česticama, karcinogenim tvarima, foto-oksidansima, te drugim onečišćujućim tvarima ili pojavama u zraku, koje mogu imati štetan uticaj na osjetljive ekosustave.

3. Prioriteti

3.1. Prioriteti smanjenja emisije

S obzirom na prioritet zaštite zdravlja stanovništva, potrebno je smanjiti one emisije koje su uzrok prekomjernog onečišćenja zraka u područjima najveće naseljenosti, a to su gradovi. Najveći uzrok onečišćenju zraka u gradovima danas je promet, kako po veličini emisije tako i po broju različitih štetnih tvari. Pri tome osobiti značaj treba posvetiti emisiji čestica, olova i NO_x iz prometa. U Hrvatskoj postoji nekoliko velikih industrijskih izvora koji su uzrok prekomjernog onečišćenja specifičnim štetnim tvarima čije emisije prioritetno treba smanjiti. S motrišta regionalnog odnosno prekograničnog onečišćenja zraka pokazuje se da je na području Hrvatske prioritetno smanjenje taloženja dušika i koncentracije ozona, zbog zaštite biljnog i životinjskog svijeta te zdravlja ljudi. Posljednje projekcije pokazuju da je osobito ugroženo područje istočne Slavonije, s gledišta eutrofikacije i zakiseljavanja. Ova pitanja treba rješavati prvenstveno u sklopu obveza međunarodnih ugovora koje je potvrdila Republika Hrvatska, s obzirom da je učešće "domaćih" izvora u opterećenju relativno malo.

Pitanje smanjenja emisije stakleničkih plinova najvećim djelom se odnosi na smanjenje emisije CO₂, što znači na energetski sektor. Uz već predviđene mjere

ugrađene u postojeće energetske scenarije, biti će potrebno razraditi niz dodatnih mjera kako bi se zadovoljili uvjeti koji proizlaze iz Kyoto protokola. Također potrebno je razmotriti mogućnosti koje proizlaze iz trgovanja emisijom te drugih mehanizama prilagodbe utvrđenih odredbama Kyoto protokola.

Pri izboru mjera prednost imaju one koje istovremeno smanjuju emisije i troškove, kao što je recimo povećanje energetske učinkovitosti i racionalizacija energetske potrošnje. Također i one mjere kojima se istovremeno pridonosi smanjenju više različitih oblika onečišćenja, vodeći računa o mogućem “pretakanju” utjecaja na ostale medije okoliša. Nove stacionarne izvore onečišćavanja zraka potrebno je graditi po načelima “čiste proizvodnje” i eko-učinkovitosti, vodeći računa o utjecaju čitavog životnog ciklusa proizvoda.

3.2. Prioriteti zaštite zraka naselja

Prioriteti glede zaštite zraka naselja određeni su sukladno temeljnim odrednicama ciljeva, a to je prije svega zaštita i sačuvanje zdravlja ljudi. U nekim slučajevima ciljeve zaštite zraka nije moguće postići bez ostvarenja nekih prethodnih aktivnosti ili zadaća pa koji puta poredak, vrsta ili sadržaj ciljeva i prioriteta nije identičan. U ovom slučaju prioriteti za zaštitu zraka naselja (gradova i gradskih naselja) su:

- analiza uzroka (kritičnih onečišćujućih tvari i izvora) pojave kakvoće zraka III. kategorije,
- pregled mogućih mjera za smanjenje kritične emisije,
- racionalizacija i optimalizacija prometa (prvenstveno gradova grupe “18”),
- verifikacija i optimalizacija sustava praćenja kakvoće zraka,
- analiza uzroka (onečišćujućih tvari i izvora) pojave kakvoće zraka II. kategorije,
- pregled mogućih mjera za postizanje i održavanje kakvoće zraka I. kategorije,
- uspostava sustavnog nadzora emisije mobilnih izvora,
- uspostava više razine toplinske izolacije zgrada,
- ostale mjere i aktivnosti sukladno lokalnim problemima odnosno “lokalnoj Agendi 21”.

Zaključne napomene

Strategija neke aktivnosti polazište je temeljem kojeg se utvrđuju i razrađuju programi i akcijski planovi. Obzirom na značaj zaštite okoliša i integrirajući karakter okoliša u procesu upravljanja izvorima (resursima), u smislu održivog razvitka, kao i implikacije zaštite okoliša na sve sektorske aktivnosti, postupak izrade Strategije zaštite zraka (kao dijela Strategije zaštite okoliša) od velike je važnosti.

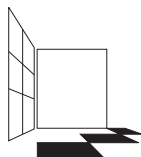
Dosadašnje aktivnosti na izradi Strategije zaštite zraka polazile su prvenstveno od postojećeg zakonodavstva, sektorskih strategija, Deklaracije o zaštiti okoliša, Izvješća o zaštiti okoliša, potvrđenih međunarodnih ugovora te smjernica Europske unije i drugih svjetskih organizacija.

Metodologija izrade Strategije zaštite zraka podrazumijeva identifikaciju problema, određivanje ciljeva, utvrđivanje prioriteta i plana djelovanja s

vremenskim rokovima i razinama upravljanja, od državne razine do razine županije, grada i općine. Djelomičan primjer i način pristupa, koji se odnosi samo na problem emisija i kakvoću zraka naselja, izložen je u ovom radu.

Literatura

1. Zakon o zaštiti okoliša, Narodne novine, br. 56/90.
2. Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine, br. 48/95.
3. Izvješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj, sažetak, Narodne novine, br. 88/98.
4. Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske, Hrvatski državni sabor, 27. lipnja 1998.
5. The United Kingdom National Air Quality Strategy, Department of the Environment, London 1997.
6. Environmental Protection in Germany, Federal Ministry of Environment, Bonn, 1992.
7. Nacionalni program varstva okolja, Ministarstvo za okolje in prostor, Ljubljana, 1998.
8. National Environmental Plan, Federal Ministry of the Environment, Vienna, 1995.
9. Nacrt energetskog razvitka Republike Hrvatske, Granić. i drugi, Energetski institut Hrvoje Požar, 1998.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

**Vadić, V.¹, Bišćan, A.², Karnovšek, H.³, Mladinov, S.⁴, Matković, N.⁵,
Santo, V.⁶, Tomić, T.⁷**

Kategorizacija područja prema stupnju onečišćenosti zraka u gradovima Republike Hrvatske

Sažetak: Prikazani su rezultati praćenja općih i specifičnih onečišćenja zraka u gradovima Republike Hrvatske u kojima se mjerenja provode. Rezultati su dani za cjelokupno razdoblje mjerenja, tj. za svaki grad od samog početka mjerenja na njegovom području. Za gradove u kojima se mjerenja provode na samo jednoj mjestnoj postaji prikazani su rezultati s te postaje, a u gradovima s više mjernih postaja izabrana je postaja u gusto naseljenom centru grada s gustim prometom. Kategorizacija područja prema stupnju onečišćenosti zraka u gradovima Republike Hrvatske izvršena je prema Zakonu o zaštiti zraka i Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka. Rezultati pokazuju da se je kakvoća zraka, naročito glede sumporova dioksida i dima, tijekom godina značajno poboljšala te da prati sličan trend kao i u drugim europskim gradovima.

Categorization of Towns in the Republic of Croatia According to Air Quality

Summary: This paper presents the measurement results of general and specific pollutants in Croatian towns with an ongoing air quality surveillance. The results refer to the entire surveillance period in each town where the surveillance has been performed. The presented data are only from one site in the town, either the only one or from the city centre with heavy traffic. The paper also gives a categorization of the towns by air quality in accordance with the Law on Air Quality Protection in Croatia and the Ordinance on Recommended and Limit Air Quality Values. Air quality in Croatian towns has greatly improved over the years, especially for SO₂ and smoke, and follows trends similar to those in other European towns.

1 Vladimira Vadić, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb,

2 Ana Bišćan, Zavod za javno zdravstvo županije Karlovačke,

3 Hanja Karnovšek, Zavod za javno zdravstvo županije Sisačko-moslavačke,

4 Silvana Mladinov, Zavod za javno zdravstvo županije Istarske,

5 Nada Matković, Zavod za javno zdravstvo županije Primorsko-goranske,

6 Vera Santo, Zavod za javno zdravstvo županije Osječko-baranjske,

7 Tatjana Tomić, Zavod za javno zdravstvo županije Splitsko-dalmatinske

Uvod

Praćenje kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj započelo je 1963. godine u Zagrebu. Mjerenja su se proširila i na ostale gradove, te su u Rijeci započela 1973. godine, u Splitu 1975., u Karlovcu, Sisku i Osijeku 1976., a 1982. u Puli. Broj gradova u kojima se prati kakvoća zraka svake se godine povećava, a u tablici 1 prikazan je ukupan broj postaja po onečišćenjima na kojima se u pojedinim gradovima Republike Hrvatske pratila kakvoća zraka tijekom 1998. godine. U taj broj nisu uračunate meteorološke postaje. Svi gradovi započinjali su praćenje mjerenjem sumporova dioksida i dima, a broj mjernih postaja i onečišćujućih tvari u zraku koja se prate mijenjao se tijekom godina.

Zbog nedostatka vlastitih zakonskih propisa, rezultati praćenja kakvoće zraka interpretirali su se do 1996. godine prema preporukama Svjetske zdravstvene organizacije (SZO) i propisima nekih europskih zemalja.

Zastupnički dom Sabora Republike Hrvatske prihvatio je u lipnju 1995. godine Zakon o zaštiti zraka (1), a Uredbu o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka (2) u studenom 1996. godine.

Za upravljanje kakvoćom zraka na nekom području potrebno je stalno pratiti koncentraciju onečišćujućih tvari znakovitih za izvore onečišćenja zraka toga područja i uspoređivati izmjerene koncentracije s vrijednostima koje služe za ocjenu kakvoće zraka. U tu svrhu Zakonom se predviđaju vrijednosti na dvije razine: preporučene (PV) i granične (GV) koje propisuje Vlada prema članku 22. Zakona, a koje omogućavaju svrstavanje područja u kategorije po stupnju onečišćenosti zraka (čl. 21. Zakona) i planiranje mjera za zaštitu i poboljšanje kakvoće zraka u cilju zaštite zdravlja i kakvoće življenja stanovnika, te prirodnih i ljudskim radom stvorenih dobara. Na temelju usporedbe rezultata mjerenja tijekom najmanje godinu dana s PV i GV prema članku 21. Zakona o zaštiti zraka (1) područja se po stupnju onečišćenosti zraka mogu svrstati u tri kategorije:

I kategorija - čisti ili neznatno onečišćeni zrak (nisu prekoračene preporučene vrijednosti kakvoće zraka - PV)

II kategorija - umjereno onečišćen zrak (prekoračene su PV, a nisu prekoračene granične vrijednosti kakvoće zraka - GV)

III kategorija - prekomjerno onečišćen zrak (prekoračene su granične vrijednosti kakvoće zraka GV).

U ovom radu statistički su obrađeni rezultati praćenja koncentracija SO_2 , dima, ukupnih lebdećih čestica i metala olova, kadmija i mangana u ukupnim lebdećim česticama, NO_2 , NH_3 , H_2S , ozona, ukupne taložne tvari i metala Pb, Cd i Tl u ukupnoj taložnoj tvari tijekom cjelokupnog razdoblja mjerenja. Rezultati su uspoređeni s PV i GV vrijednostima prema Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka.

Na osnovu dobivenih rezultata u ovom radu prikazana je kategorizacija centra Zagreba, Rijeke, Splita, Osijeka, Karlovca, Siska i Pule s obzirom na stupanj onečišćenja zraka mjerenim onečišćenjima.

Tablica 1 - Ukupan broj postaja po onečišćenjima na kojima se u pojedinim gradovima Republike Hrvatske pratila kakvoća zraka tijekom 1998. godine

Grad	Onečišćenje														
	SO ₂	Dim	ULČ	Pb u ULČ	Cd u ULČ	Mn u ULČ	NO ₂	NH ₃	H ₂ S	UTT	Pb u UTT	Cd u UTT	Tl u UTT	O ₃	PM ₁₀
Bakar	4	4						1	1	2	2	2			
Bjelovar	1	1													
Cres	1	1								1					
Delnice	1	1								1	1	1			
Karlovac	3	3													
Kostrena	1	1						1	1	1	1	1			
Kraljevica	1	1					1	1	1	1	1	1			
Kutina	2	6					6	6	2	5					
Labin	5	5								4					
Lividraga	1	1								1	1	1			
Novska	1	1					1								
Njivice	1	1								1					
Omišalj	1	1								1					
Opatija	2	2													
Osijek	1	1								16					
Pazin	1	1								1					
Pula	5	5					4			10					
Rijeka	4	4	1	1	1		2	1		1	1	1			
Rovinj	1	1								1					
Sisak	2	2	1				2		1	6	4	4			
Split	1	1								13	13	13			
Šibenik	1	1					1			7					
Umag	1	1								1					
Zagreb	9	9	4	4	4	4	5	2		9	9	9	9	3	1

Rezultati i diskusija

Sumporov dioksid

Kategorizacija centra Zagreba, Rijeke, Splita, Osijeka, Karlovca, Siska i Pule glede razina SO_2 u zraku tijekom cjelokupnog razdoblja praćenja, za pojedini grad prikazana je u tablici 2.

Sezdesetih godina, kada se počela pratiti kakvoća zraka u Zagrebu, kakvoća okolnog zraka u centru grada bila je III. kategorije. Nakon 1970. koncentracije su se počele postepeno smanjivati, pa su 1981. i 1982. godine bile niže od GV, te je okolni zrak bio II. kategorije. Međutim, od 1983. do 1988. razine SO_2 su se ponovno povisile, te je okolni zrak bio III. kategorije. Nakon toga, od 1989. do 1993. godine u centru Zagreba razine SO_2 bile su II. kategorije, da bi od 1994. do 1998. pale na nivo I. kategorije.

U centru Rijeke od početka mjerenja 1973. godine, koncentracije SO_2 bile su III. kategorije. Posljednjih godina u Rijeci je također zabilježen padajući trend razina SO_2 te su 1991., 1994., 1995. i 1996. godine koncentracije bile na razini II. kategorije, a 1997. i 1998. I. kategorije.

U centru Pule, u razdoblju od 1982. do 1994. godine, koncentracije SO_2 su varirale između vrijednosti na razini III. i II. kategorije kakvoće zraka, od 1994. dalje I. kategorije.

U Karlovcu, Sisku i Osijeku nisu zabilježene koncentracije SO_2 na razini III. kategorije. Od 1976., kada se SO_2 počeo mjeriti u tim gradovima, samo u prvih 10 godina koncentracija je povremeno prelazila PV, te su bile na razini II. kategorije. U Splitu, tijekom cjelokupnog razdoblja mjerenja od 1975. godine, glede SO_2 koncentracije su bile na razini I. kategorije.

Crni dim

U tablici 3 prikazana je kategorizacija centra istih 7 gradova u Republici Hrvatskoj glede razina dima u zraku.

Početkom mjerenja u centru Zagreba od 1965. do 1978. godine koncentracije dima bile su na razini III. kategorije, a od 1979. do 1986. godine bile su uglavnom na razini II. kategorije, dok su od 1987. do 1998. bile na razini I. kategorije.

U centru Rijeke koncentracije dima bile su od 1973. do 1988. godine na razini III. kategorije, a od 1989. do 1998. II. kategorije.

U centru Karlovca koncentracije dima bile su uglavnom na razini II. kategorije tijekom cijelog intervala mjerenja s iznimkom 1977. i 1989. godine (III. kategorije) i 1982., 1992., 1997., 1998. (I. kategorije).

U ostalim promatranim gradovima, u Splitu, Sisku, Osijeku i Puli, tijekom cjelokupnog razdoblja praćenja koncentracije dima bile su I. kategorije.

Ukupne lebdeće čestice

Koncentracija ukupnih lebdećih čestica određuje se samo u Zagrebu, Rijeci i Sisku. Kategorizacija tih gradova glede razina ukupnih lebdećih čestica prikazana je u tablici 4.

Tablica 2 - Kategorizacija gradova u Republici Hrvatskoj s obzirom na stupanj onečišćenja zraka sumporovim dioksidom tijekom godina mjerenja

Godine	I kategorija $C < PV$	II kategorija $PV < C < GV$	III kategorija $C > GV$
1965.			■
1966.			■
1967.			■
1968.			■
1969.			■
1970.			■
1972.			■
1973.			■ ○
1974.			■ ○
1975.	●		■ ○
1976.	● □ ▲ ▽	▽	■ ○
1977.	● ▲	□ ▽	■ ○
1978.	● □ ▲	▽	■ ○
1979.	● □ ▲ ▽		■ ○
1980.	● □ ▲	□ ▽	■ ○
1981.	● □ ▲ ▽	■	○
1982.	● □ ▲ ▽	■	○ X
1983.	● □ ▲ ▽	X	■ ○
1984.	● □	▲ ▽ X	■ ○
1985.	● □ ▽	▲ X	■ ○
1986.	● ▽	□ ▲	■ ○ X
1987.	● □ ▲ ▽		■ ○ X
1988.	● □ ▲ ▽		■ ○ X
1989.	● □ ▲ ▽	■ X	○
1990.	● □ ▲ ▽ X	■	○
1991.	● □ ▲ ▽	■ ○ X	
1992.	● □ ▲ ▽	■ X	○
1993.	● □ ▲ ▽	■ X	○
1994.	■ ● □ ▲ ▽ X	○	
1995.	■ ● □ ▲ ▽ X	○	
1996.	■ ● □ ▲ ▽ X	○	
1997.	■ ● □ ▲ ▽ ○ X		
1998.	■ ● □ ▲ ▽ ○ X		

■ - Zagreb ● - Split □ - Osijek ▲ - Sisak ▽ - Karlovac ○ - Rijeka
X - Pula

Tablica 3 - Kategorizacija gradova u Republici Hrvatskoj s obzirom na stupanj onečišćenja zraka dimom tijekom godina mjerenja

Godine	I kategorija C<PV	II kategorija PV<C<GV	III kategorija C>GV
1965.			■
1966.			■
1967.			■
1968.			■
1969.			■
1970.			■
1972.			■
1973.			■ ○
1974.			■ ○
1975.	●		■ ○
1976.	● □ ▲	▽	■ ○
1977.	● □ ▲		■ ▽ ○
1978.	● □ ▲	▽	■ ○
1979.	● □ ▲	■ ▽	○
1980.	● □ ▲	▽	■ ○
1981.	● □ ▲	■ ▽	○
1982.	■ ● □ ▲ ▽ X		○
1983.	● □ ▲ X	■ ▽	○
1984.	● □ ▲ X	■ ▽	○
1985.	● □ ▲ X	■ ▽	○
1986.	● □ ▲ X	■ ▽	○
1987.	■ ● □ ▲ X	▽	○
1988.	■ ● □ ▲ X	▽	○
1989.	■ ● □ ▲ X	○	▽
1990.	■ ● □ ▲ X	▽ ○	
1991.	■ ● □ ▲ X	▽ ○	
1992.	■ ● □ ▲ ▽ X	○	
1993.	■ ● □ ▲ X	▽ ○	
1994.	■ ● □ ▲ X	▽ ○	
1995.	■ ● □ ▲ X	▽ ○	
1996.	■ ● □ ▲ X	▽ ○	
1997.	■ ● □ ▲ ▽ X	○	
1998.	■ ● □ ▲ ▽ X	○	

■ - Zagreb ● - Split □ - Osijek ▲ - Sisak ▽ - Karlovac ○ - Rijeka
X - Pula

Tablica 4 - Kategorizacija Zagreba, Rijeke i Siska s obzirom na stupanj onečišćenja zraka ukupnim lebdećim česticama tijekom godina mjerenja

Godine	I kategorija $C < PV$	II kategorija $PV < C < GV$	III kategorija $C > GV$
1972.			■
1973.			■
1974.			■
1975.			■
1976.			■
1977.			■
1978.			■
1979.			■
1980.		■ ○	
1981.	○	■	
1982.	○	■	
1983.		■ ○	
1984.		○	■
1985.		■	
1986.			■
1987.		■	
1988.			■
1989.		■	
1990.		■	
1991.	○	■	
1992.	○	■	
1993.		■	
1994.		■ ○	
1995.		■ ○	
1996.	▲	■ ○	
1997.	▲	■ ○	
1998.	▲	■	

■ - Zagreb ○ - Rijeka ▲ - Sisak

U Zagrebu mjerenja su započela 1972. godine. Od početka mjerenja pa do 1979. godine kakvoća okolnog zraka glede lebdećih čestica bila je III. kategorije. Zatim su se razine nešto snizile te je od 1980. do 1983. godine okolni zrak bio II. kategorije. Od 1984. do 1988. zrak je bio naizmjenice II. i III. kategorije, da bi se od 1989. do 1998. koncentracije ukupnih lebdećih čestica u centru Zagreba kretale na razini II. kategorije.

U centru Rijeke mjerenja ukupnih lebdećih čestica započela su 1980. te su trajala do 1984. Nakon prekida od 6 godina, 1991. ponovno su se mjerenja počela provoditi. Okolni zrak bio je u Rijeci tijekom godina praćenja II. kategorije, osim 1981. i 1982., te 1991. i 1992. godine kada je bio I. kategorije.

Mjerenja ukupnih lebdećih čestica započela su u Sisku 1996. godine i kakvoća okolnog zraka glede ukupnih lebdećih čestica bila je sve tri godine I. kategorije.

Metali olovo, kadmij i mangan u ukupnim lebdećim česticama

Koncentracija olova i kadmija u ukupnim lebdećim česticama određuje se samo u Rijeci i Zagrebu, dok se koncentracije mangana određuju samo u Zagrebu.

Tablica 5 - Kategorizacija Zagreba i Rijeke s obzirom na stupanj onečišćenja zraka olovom tijekom godina mjerenja

Godine	I kategorija C<PV	II kategorija PV<C<GV	III kategorija C>GV
1972.	■		
1973.	■		
1974.	■		
1975.	■		
1976.	■		
1977.		■	
1978.	■		
1979.	■		
1980.	■		
1981.	■		
1982.	■		
1983.	■		
1984.	■		
1985.	■		
1986.	■		
1987.	■		
1988.	■		
1989.	■		
1990.	■		
1991.	■		
1992.	■ ○		
1993.	■		
1994.	■ ○		
1995.	■ ○		
1996.	■ ○		
1997.	■ ○		
1998.	■ ○		

■ - Zagreb ○- Rijeka

U tablici 5 prikazana je kategorizacija centra Zagreba i Rijeke glede sadržaja olova u ukupnim lebdećim česticama, a u tablici 6 glede sadržaja kadmija od početka mjerenja. U tablici 7 prikazana je kategorizacija centra Zagreba glede onečišćenja manganom.

Olovo se u Zagrebu počelo određivati u ukupnim lebdećim česticama 1972. godine, a u Rijeci 1992. Koncentracije olova u ukupnim lebdećim česticama bile su tijekom svih godina mjerenja niske, ispod PV vrijednosti, a okolni zrak I. kategorije, osim 1977. godine u Zagrebu kada je došlo do prelaska PV vrijednosti, te je okolni zrak glede olova bio II. kategorije.

Koncentracije kadmija u ukupnim lebdećim česticama prate se u Zagrebu od 1984., a u Rijeci od 1992. godine. Tijekom svih godina praćenja razine su bile ispod PV, a okolni zrak glede kadmija bio je I. kategorije.

Razine mangana prate se u Zagrebu od 1972. godine i tijekom cjelokupnog razdoblja mjerenja okolni zrak je glede mangana bio I. kategorije.

Tablica 6 - Kategorizacija Zagreba i Rijeke s obzirom na stupanj onečišćenja zraka kadmijem tijekom godina mjerenja

Godine	I kategorija $C < PV$	II kategorija $PV < C < GV$	III kategorija $C > GV$
1984.	■		
1985.	■		
1986.	■		
1987.	■		
1988.	■		
1989.	■		
1990.	■		
1991.	■		
1992.	■ ○		
1993.	■		
1994.	■ ○		
1995.	■ ○		
1996.	■ ○		
1997.	■ ○		
1998.	■ ○		

■ - Zagreb ○ - Rijeka

Dušikov dioksid

Onečišćenje zraka s NO_2 prati se u Rijeci od 1980. godine, u Puli od 1982., a u Zagrebu od 1994. godine. Kategorizacija centra Rijeke, Pule i Zagreba glede NO_2 prikazana je u tablici 8.

Iz dobivenih rezultata vidljivo je da su razine NO_2 u Puli niže od onih izmjerenih u Rijeci i Zagrebu. U Puli su se koncentracije kretale na razini I. kategorije tijekom cjelokupnog razdoblja mjerenja od 1982. do 1998., osim 1994 i 1995. godine kada je došlo do prelaska PV vrijednosti te je kakvoća okolnog zraka bila tih godina II. kategorije.

Koncentracije NO_2 u Rijeci, od 1980. do 1998., bile su na razini II. kategorije kakvoće zraka tijekom svih godina, osim 1982. kada su bile nešto niže i nisu prelazile PV vrijednosti te je okolni zrak bio I. kategorije.

Koncentracije dušikova oksida bile su u centru Zagreba na razini II. kategorije od početka mjerenja 1994. godine do 1998.

Tablica 7 - Kategorizacija Zagreba s obzirom na stupanj onečišćenja zraka manganom tijekom godina mjerenja

Godine	I kategorija C<PV	II kategorija PV<C<GV	III kategorija C>GV
1972.	■		
1973.	■		
1974.	■		
1975.	■		
1976.	■		
1977.	■		
1978.	■		
1979.	■		
1980.	■		
1981.	■		
1982.	■		
1983.	■		
1984.	■		
1985.	■		
1986.	■		
1987.	■		
1988.	■		
1989.	■		
1990.	■		
1991.	■		
1992.	■		
1993.	■		
1994.	■		
1995.	■		
1996.	■		
1997.	■		
1998.	■		

Ozon

Kategorizacija centra Zagreba glede razina ozona u zraku prikazana je u tablici 9. Vidljivo je da su razine ozona bile niske tijekom sve tri godine praćenja, a okolni zrak bio je glede ozona I. kategorije.

Diskusija

Dobiveni rezultati pokazuju da su se koncentracije SO₂ i dima smanjile tijekom godina mjerenja s razina III. ili II. kategorije na pretežno I. kategoriju. Na to je najviše utjecala promjena sistema loženja, plinifikacija gradova u Republici Hrvatskoj, izgradnja visokih dimnjaka toplana, prestanak korištenja loših ugljena s visokim postotkom sumpora, te korištenje tekućih goriva s kontroliranim sadržajem sumpora.

Tablica 8 - Kategorizacija Zagreba, Rijeke i Pule s obzirom na stupanj onečišćenja zraka dušikovim dioksidom tijekom godina mjerenja

Godine	I kategorija $C < PV$	II kategorija $PV < C < GV$	III kategorija $C > GV$
1980.	X	○	
1981.	X	○	
1982.	○ X		
1983.	X	○	
1984.	X	○	
1985.	X	○	
1986.	X	○	
1987.	X	○	
1988.	X	○	
1989.	X	○	
1990.	X	○	
1991.	X	○	
1992.	X	○	
1993.	X	○	
1994.		■ ○ X	
1995.		■ ○ X	
1996.	X	■ ○	
1997.	X	■ ○	
1998.	X	■ ○	

■ - Zagreb ○ - Rijeka X - Pula

Tablica 9 - Kategorizacija Zagreba s obzirom na stupanj onečišćenja zraka ozonom tijekom godina mjerenja

Godine	I kategorija $C < PV$	II kategorija $PV < C < GV$	III kategorija $C > GV$
1996.	■		
1997.	■		
1998.	■		

Razine koncentracija ukupnih lebdećih čestica snizile su se u Zagrebu s razina III. na II. kategoriju kakvoće zraka. Razine lebdećih čestica u Rijeci bile su također najveći broj godina mjerenja na razini II. kategorije, dok mjerenja u Sisku, započeta 1996. godine, pokazuju da su razine ukupnih lebdećih čestica u Sisku na nivou I. kategorije.

Razine metala Pb, Cd i Mn u ukupnim lebdećim česticama bile su vrlo niske tijekom cjelokupnog razdoblja mjerenja.

Koncentracije dušikova dioksida bile su u Puli uglavnom na razini I. kategorije, dok su u Rijeci i Zagrebu prelazile PV vrijednosti i bile su na razini II. kategorije. Koncentracije ozona u centru Zagreba bile su tijekom tri godine, od kada su mjerenja započela, na razini I. kategorije.

Zaključci

Na osnovu pregleda što se sve od onečišćenja prati u gradovima Republike Hrvatske, i na kolikom broju mjernih postaja, može se zaključiti da gotovo svi gradovi prate razine sumporova dioksida, dima i ukupne taložne tvari. Praćenje ukupne taložne tvari i metala u njoj daje dobru sliku o utjecaju krupnijih čestica iz zraka na vodu i tlo, no kako se ove brzo talože, ne daju dobru sliku o onečišćenju zraka česticama. Praćenje ukupne taložne tvari treba svakako nastaviti, no u okolinama, u kojima se to ne radi, treba započeti s mjerenjima ukupnih lebdećih čestica, odnosno praćenjem još sitnijih čestica aerodinamičkog promjera 10 i 25 mikrona, PM₁₀ i PM_{2,5} koje dugo borave u zraku, a prodiru u dišne puteve i u toraks, te mogu znatno utjecati na zdravlje ljudi.

Dušikovi oksidi također bi se mogli pratiti u više gradova, pogotovo što sakupljanje pasivnim sakupljačima daje dobre rezultate, a metoda nije skupa i ne zahtjeva skupu opremu, pa se mjerenja mogu provoditi istovremeno na velikom broju postaja i tako dati i uvid u prostornu raspodjelu. To je naročito korisno za NO₂ koji pretežito potječe od ispušnih plinova automobila, pa se njegova koncentracija brzo mijenja s udaljenošću od prometnice. U Velikoj Britaniji, od 1993. godine, na više od 1200 postaja određuje se NO₂ pasivnim sakupljačima (3), a takva mjerenja provode se i u drugim većim europskim gradovima.

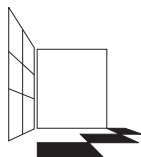
Osim u Zagrebu, prošle godine započela su mjerenja ozona i u Rijeci. I ostali, posebice priobalni gradovi, trebali bi svakako pratiti razine ozona.

Za praćenje dnevnog toka koncentracija koji može ukazati na izvor emisije, potrebno je uvesti automatske postaje koje daju trenutne vrijednosti i kompjutorski su spojene s bazom. No kako je takva oprema skupa, a za kategorizaciju područja dovoljne su i prosječne dnevne i godišnje vrijednosti, treba i dalje raditi na proširenju ručne mjerne mreže koja već postoji i daje zadovoljavajuće rezultate (4,5).

Zagreb je s tri postaje od 1972. godine uključen u svjetsku mjernu mrežu GEMS/AIR projekt koji vodi WHO i UNEP (6) i do sada je zadovoljio sve QA/QC provjere.

Literatura

1. Zakon o zaštiti zraka, Nar. novine broj 48 (1995), str. 1452.
2. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, Nar. novine broj 101 (1996), str. 4198.
3. GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series, Vol. 4, Passive and Active Sampling Methodologies for Measurement of Air Quality, WHO/UNEP, 1994.
4. WHO and WaBoLu, European Intercomparison Workshop on Air Quality Monitoring - Measuring of CO, NO, NO₂ and O₃, Report 9, Vol. 2, 1996.
5. WHO and WaBoLu, European Intercomparison Workshop on Air Quality Monitoring - Measuring of CO, NO, NO₂ and BTX, Report 11, Vol. 3, 1999.
6. City Air Quality Trends (GEMS/Air Data), Vol. 1, WHO/UNEP, 1992.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Valić, F.¹

Neusklađenost ekotoksikoloških i toksikoloških parametara u međunarodnim preporukama za sprečavanje globalnih promjena

Sažetak: Prikazani su utjecaji potpuno i nepotpuno halogeniranih ugljikovodika (CFC odnosno HCFC) na stratosferski ozon i njihovi zdravstveni učinci. Upozorava se na poteškoće pri primjeni manje štetnih HCFC kao zamjena za štetne CFC zbog revizije Montrealskog protokola 1992. godine. Prikazani su rezultati ekološkog i toksikološkog vrednovanja fluorougljikovodika (HFC) koji ih svrstavaju među najpovoljnije zamjene za CFC i HCFC. Odluka o obvezatnom smanjivanju stakleničkih plinova (Kioto protokol, 1997), među koje su uvršteni i fluorougljikovodici, u sukobu je s izborom fluorougljikovodika kao zamjena za tvari koje oštećuju stratosferski ozon. Primjerima se dokazuje neopravdanost uobičajenog izbora zamjenskih tvari samo na temelju ekoloških značajki uz zanemarivanje njihovih opasnih fizikalnih (zapaljivost) i toksičkih svojstava (MDK), pa se predlaže usklađivanje potencijala iscrpljivanja ozona, globalnog zagrijavanja, toksičnosti i zapaljivosti kemijskih tvari u ekološkoj i toksikološkoj ocjeni i rješavanju globalnih problema okoliša.

Disharmony Between Ecotoxicological and Toxicological Parameters in International Recommendations on the Prevention of Global Changes

Summary: The influence of fully and partially halogenated chlorofluorocarbons (CFCs and HCFCs, resp.) on the stratospheric ozone and their health effects are presented. Attention is drawn to the difficulties in the use of less harmful HCFCs as substitutes for harmful CFCs as the consequence of the 1992 Amendment of the Montreal Protocol. The results of ecological and toxicological evaluation of hydrofluorocarbons (HFCs), which classify them among the most suitable substitutes for CFCs and HCFCs, are presented. The Kyoto Protocol on obligatory reduction of greenhouse gases, among which HFCs are included, is at variance with the choice of HFCs as the best substitutes for

¹ Fedor Valić, Škola narodnog zdravlja "Andrija Štampar", Medicinski fakultet, Zagreb

ozone depleting substances. Presenting practical examples, attempt is made to prove that the common choice of substitutes only on the basis of ecological characteristics, neglecting their dangerous physical (flammability) and toxicological characteristics (MAC, TLV), is unjustified. Harmonization of ozone depleting potential, global warming potential, toxicological characteristics and flammability of chemical substances in ecological and toxicological evaluation and solution of global environmental problems is recommended.

Uvod

Kao što je poznato, 1987. godine donešen je Montrealski protokol o postepenom obvezatnom ukidanju spojeva koji iscrpljuju ozonski sloj (1). Taj protokol je kasnije revidiran, a najznačajnije revizije su donešene 1990. godine u Londonu (2) i 1992. godine u Kopenhagenu (3), u kojima su uvjeti za proizvodnju i potrošnju klorofluorouglijika (potpuno halogeniranih ugljikovodika) pooštreni, a među tvari koje ugrožavaju ozonski sloj uključeni tetraklorugljik i metilkloroform.

Zbog predviđenog globalnog zagrijavanja kao posljedice postepenog povećavanja koncentracije stakleničkih plinova u zraku, 1994. godine donešena je Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjenama klime (4), a Protokolom donešenim u Kiotu 1997. godine (5) države-potpisnice preuzele su obvezu smanjenja ukupne srednje svjetske emisije stakleničkih plinova do razdoblja 2.008-2.012. u prosjeku za najmanje 5% od emisija 1990. godine.

S obzirom na Montrealski protokol zatraženo je od Međunarodnog programa za zaštitu od kemijskih tvari (IPCS - UNEP/ILO/WHO International Programme on Chemical Safety) da provede ekološku i toksikološku evaluaciju potpuno halogeniranih ugljikovodika te kasnije, još važnije, mogućih zamjena za te spojeve koji iscrpljuju ozonski sloj.

Stanjivanje ozonskog sloja

Poznato je da stratosferski ozon apsorbira najveći dio UV-B zračenja a da klorofluorouglijici (CFC - chlorofluorocarbons) svojim aktivnim klorom ozon razaraju. Pretpostavlja se da tim mehanizmom dolazi do povišenja UV-B zračenja na površini zemlje. Najvažniji štetni učinci tog zračenja su nemelanomski bazocelularni i planocelularni karcinomi kože i melanomi; katarakta, fotokeratitis i fotokonjunktivitis, te supresija imunog sustava zbog promijenjenog odnosa T-pomaagačkih i T-supresorskih stanica. Opisano je i smanjenje fotosinteze i rasta bilja, smanjenje prinosa usjeva, te smanjenje fitoplanktona i zooplanktona (6). Problem zaštite ozonskog sloja isključivo je problem zaštite od posljedica povećanog UV-B zračenja na zemlji.

Računalski modeli predviđaju da 1%-tno smanjenje stratosferskog ozona uzrokuje povećanje UV-B zračenja na zemlji za 1,5-2%. Uz to povećanje UV-B zračenja moglo bi doći do povećanja incidencije bazocelularnog karcinoma za 2,5-4%, planocelularnog karcinoma za 4,4-6%, a melanoma za 1-2%. Za nemelanomske karcinome to bi značilo godišnje 40.000-70.000 novih slučajeva u svijetu (6). Uz 10%-tno smanjenje ozona, a to znači uz predviđeno povećanje UV-B zračenja preko 15%, predviđa se čak 1,75 milijuna novih slučajeva katarakte, 300.000 novih slučajeva nemelanomskih karcinoma i 4.500 melanoma godišnje u svijetu (7). U tablici 1 navedeni su zahtjevi za smanjenje proizvodnje i potrošnje tvari koje iscrpljuju stratosferski ozon po Montrealskom protokolu i po njegovoj reviziji iz 1992. godine, a posebno su navedeni zahtjevi Europske zajednice koji su oštriji, ali koji, dakako, obvezuju samo zemlje-članice.

Tablica 1. Smanjenja proizvodnje i potrošnje tvari koje iscrpljuju stratosferski ozon po Montrealskom protokolu (1987) i njegovoj reviziji (1992), te po odlukama Europske zajednice

<u>Protokol (1987)</u>	<u>1989.</u>	<u>1993.</u>	<u>1998.</u>	
CFC	zamrzavanje	20%	50%	
<u>Revizija (1992)</u>	<u>1993.</u>	<u>1994.</u>	<u>1995.</u>	<u>1996.</u>
CFC	20%	75%		100%
Metilkloroform		50%		100%
Tetraklorugljik			85%	100%
<u>Europska zajednica</u>	<u>1992.</u>	<u>1994.</u>	<u>1995.</u>	<u>1996.</u>
CFC	50%	85%	100%	
Metilkloroform		50%		100%
Tetraklorugljik	50%	85%		100%

Kao što je vidljivo iz tablice 1, po originalnom Montrealskom protokolu trebalo je do 1998. godine smanjiti proizvodnju i potrošnju CFC za 50%, dok je po reviziji iz 1992. godine proizvodnju i potrošnju CFC trebalo potpuno ukinuti već do 1996. godine. Do iste godine trebalo je ukinuti i proizvodnju i potrošnju metilkloroforma i tetraklorugljika koji su uključeni u Montrealski protokol revizijom u Londonu. Treba podsjetiti da zemlje u razvoju i zemlje koje troše manje od 0,3 kg CFC odnosno 0,2 kg metilkloroforma i tetraklorugljika po stanovniku godišnje, među koje spada i Hrvatska, imaju pravo odgode rokova smanjivanja i ukidanja potrošnje za deset godina (8).

Evaluacije Međunarodnog programa za zaštitu od kemijskih tvari (IPCS)

Tablica 2. Ekološke karakteristike glavnih klorofluorouglijika i zamjena

Spoj	Iscrpljivanje ozona	Globalno zagrijavanje	Zadržavanje u atmosferi
CFC 11	1,0	1,0	60
CFC 12	0,9-1,0	2,8-3,4	120
CFC 113	0,8-0,9	1,3-1,4	90
CFC 114	0,6-0,8	3,7-4,1	100
CFC 115	0,4-0,5	7,4-7,6	400
HCFC 22	0,04-0,05	0,32-0,37	15,3
HCFC 21	0,01-0,02	< HCFC 22	2,0
HCFC 141b	0,07-0,14	0,12	10,8
HCFC 142b	0,05-0,08	0,34-0,39	19,1
HCFC 132b	0,025	-	4,2
HCFC 133a	-	-	4,8
HCFC 123	0,01-0,03	0,02	1,6
HCFC 124	0,01-0,03	0,09-0,10	6,9
HFC 32	0	0,13	6
HFC 125	0	0,84	40,7
HFC 134a	0	0,25	14
HFC 143	0	0,72-0,76	>40
HFC 152a	0	0,03	1,5
HFC 227ea	0	0,6	42

Iscrpljivanje ozona i globalno zagrijavanje izraženo je u odnosu na CFC 11 = 1,0; zadržavanje u atmosferi izraženo je u godinama.

U tablici 2 prikazane su ekološke značajke glavnih potpuno halogeniranih CFC i mogućih zamjena za CFC: nepotpuno halogeniranih klorofluorouglikovodika (HCFC - **hydrochlorofluorocarbons**) i fluorouglikovodika (HFC - **hydrofluorocarbons**). Iz tablice je vidljivo da HCFC imaju daleko niži potencijal iscrpljivanja ozona (PIO) u usporedbi sa CFC, dok su HFC spojevi koji uopće ne sadrže klora pa nemaju potencijal iscrpljivanja ozona (PIO = 0). Jasno je da su u svrhu zaštite ozonskog sloja HCFC, a posebno HFC, ekološki povoljne zamjene za CFC. Trebalo je ocijeniti njihova toksikološka svojstva. Po skupinama spojeva, navedenima u tablici 2, provedena je odnosno planirana toksikološka i ekološka evaluacija IPCS-a

U tablici 3 sažeti su glavni zdravstveni učinci 15 CFC dobiveni evaluacijom IPCS-a prve skupine spojeva (9).

Tablica 3. Zdravstveni učinci klorofluorouglijaka

(glavni: CFC 11 - CCl_3F , CFC 12 - CCl_2F_2 , CFC 113 - $\text{CCl}_2\text{FCClF}_2$,
CFC 114 - $\text{CClF}_2\text{CClF}_2$, CFC 115 - CClF_2CF_3)

Vrlo niska akutna toksičnost.

Simptomi sa strane središnjeg živčanog sustava, srčano-žilnog i dišnog sustava opisani samo u slučajevima teže ovisnosti, samoubojstvenim otrovanjima, nesretnim slučajevima i nekontroliranim profesionalnim ekspozicijama nikada uz koncentracije niže od vrlo visokih 7.000 mg/m^3 .

Nema dokaza za neposredni utjecaj na reprodukciju, razvitak ploda, mutagenezu ili na karcinogenezu.

Posredni zdravstveni učinci (zbog matematičkim modelima predviđenog povišenja

UV-B zračenja): nemelanomski karcinomi kože i melanom; katarakta; smanjenje imuniteta.

Izvor: Fully halogenated chlorofluorocarbons. Valić F, ur. Environmental Health Criteria 113. Geneva: IPCS/WHO, 1990 (9).

Iz tablice 3 je vidljivo da su CFC toksikološki potpuno prihvatljivi spojevi. Oni su i odličnih tehnoloških svojstava. Nisu, međutim, prihvatljivi zbog visokog potencijala iscrpljivanja stratosferskog ozona te su zato zabranjeni Montrealskim protokolom. Zbog zabrane uporabe CFC postalo je važno naći moguće zamjene za te spojeve. U tom smislu je IPCS ispitao osam HCFC značajno nižeg potencijala iscrpljivanja ozona od CFC. U tablici 4 prikazani su rezultati tih evaluacija (10,11). Iz tablice se može razabrati da su od osam ispitanih nepotpuno halogeniranih ugljikovodika HCFC 22 i HCFC 142b praktički neškodljivi za čovjeka pa su zato u IPCS evaluaciji bili preporučeni kao prijelazne prihvatljive zamjene za CFC spojeve. Kasnije je i završetak evaluacije HCFC 141b ukazao na to da se i taj spoj može prihvatiti kao zamjena.

Počela je komercijalna proizvodnja tih spojeva a posebno HCFC 22 koji se i danas u svijetu često upotrebljava.

Nakon tih evaluacija, u posljednjoj citiranoj reviziji Montrealskog protokola došlo je do uključivanja HCFC u revidirani Montrealski protokol (3). Po toj reviziji potrošnja HCFC treba biti smanjena za 35% do 2.005. godine, za 65% do 2.010., za 90% do 2.015. te za 100% do 2.030. godine (sve u odnosu na 1996. godinu). Obrazloženje za uključivanje HCFC, usprkos njihovom daleko nižem potencijalu iscrpljivanja ozona u usporedbi s CFC, bilo je da oni ipak iscrpljuju ozon pa da i takve tvari treba postepeno smanjivati kako bi se potpuno uklonile tvari koje iscrpljuju ozon. IPCS je započeo evaluaciju spojeva koji uopće nemaju potencijal iscrpljivanja ozona, spojeva bez aktivnog klora. To su fluorouglikovodici. U planu za tu evaluaciju su HFC 32, HFC 143a, HFC 152a, HFC 125, HFC 134a i HFC 227ea.

Tablica 4. Rezultati evaluacija nepotpuno halogeniranih ugljikovodika

Metanovi derivati			
HCFC 21 (CHCl ₂ F)	- niski PIO (0,01-0,02) - sniženi PGZ (<HCFC 22) - kratko VZA (2,0) - nisko toksičan - nije mutagen - neznačajno karcinogen - <u>hepatotoksičan</u>	HCFC 22 (CHClF ₂)	- niski PIO (0,04-0,05) - sniženi PGZ (0,32-0,37) - kratko VZA (15,3) - nisko toksičan - nije mutagen - neznačajno karcinogen
Etanovi derivati			
HCFC 132b (CClF ₂ CH ₂ Cl)	- niski PIO (0,025) - kratko VZA (4,2) - <u>atrofija timusa</u> - <u>spermatotoksičan</u> - <u>embriotoksičan</u>	HCFC 133a (CH ₂ ClF ₃)	- kratko VZA (4,8) - <u>adenokarcinomi</u> <u>maternice</u> - <u>tumori testisa</u> - <u>smanjenje reprodukcije</u> - <u>embriotoksičan</u>
HCFC 123 (CHCl ₂ CF ₃)	- niski PIO (0,01-0,03) - vrlo niski PGZ (0,02) - najniži VZA (1,6) - <u>promjena metabolizma</u> <u>masti i šećera</u> - <u>promjena kromosoma</u>	HCFC 124 (CHClF ₂ CF ₃)	- niski PIO (0,01-0,03) - niski PGZ (0,09-0,10) - kratko VZA (6,9) - slabo toksičan - nije embriotoksičan - nije mutagen - karcinogen ?
HCFC 141b (CCl ₂ FCH ₃)	- niski PIO (0,07-0,14) - niski PGZ (0,12) - kratko VZA (10,8) - slabo fetotoksičan - slab mutagen - karcinogen ?	HCFC 142b (CClF ₂ CH ₃)	- niski PIO (0,05-0,08) - sniženi PGZ (0,34-0,39) - umjereno VZA (19,1) - slabo toksičan - nije mutagen - nije karcinogen

PIO - potencijal iscrpljivanja ozona; PGZ - potencijal globalnog zagrijavanja;

VZA - vrijeme zadržavanja u atmosferi

Izvor: Partially halogenated chlorofluorocarbons (methane derivatives). Valić F,ur.Environmental Health Criteria 126. Geneva: IPCS/WHO, 1991 (10). - Partially halogenated chlorofluorocarbons (ethane derivatives). Valić F,ur. Environmental Health Criteria 139. Geneva: IPCS/WHO, 1992 (11).

Od tih šest fluorougljikovodika prva tri su zapaljivi; primarna pozornost obraćena je nezapaljivim spojevima. U tablici 5 prikazani su glavni preliminarni rezultati njihove evaluacije (12, 13, 14).

Iz tablice 5 je vidljivo da su svi do sada ispitani nezapaljivi HFC toksikološki potpuno prihvatljivi. S obzirom na to da ne sadrže klor, nemaju potencijal iscrpljivanja ozona pa su i s tog aspekta potpuno prihvatljivi. HFC 134a je i kratkog vremena zadržavanja u atmosferi. Iz svega toga se može zaključiti da bi ti spojevi bili vrlo povoljne zamjene za CFC, a i za HCFC. Najnoviji problem u vezi s njihovom primjenom je uvrštavanje HFC među stakleničke plinove za koje se pretpostavlja da mogu dovesti do globalnog zagrijavanja (5).

Tablica 5. Učinci nezapaljivih fluoriranih ugljikovodikaHFC 134a (CH_2FCF_3)

PIO 0; PGZ 0,3; VZA 14

Može se upotrijebiti kao zamjena za CFC i HCFC u rashladnoj tehnici i kondicioniranju, u proizvodnji poliuretanskih pjena i kao potisni plin u aerosolima.

Niska akutna toksičnost; tek koncentracije više od 2 milijuna mg/m^3 izazivaju smrt u štakora. Četiri-satna LC_{50} u štakora je viša od 2 milijuna mg/m^3

Nisu ustanovljeni toksički učinci u štakora izloženih 13-52 tjedna udisanju koncentracija do visokih $42.000 \text{ mg}/\text{m}^3$. Uz iste uvjete izloženosti nije ustanovljen učinak na reprodukciju. Učinak na razvitak štakora nije utvrđen pri koncentracijama do $42.000 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Genotoksičnost nije utvrđena. Nisu utvrđeni tumori u štakora uz izloženost kroz dvije godine koncentracijama do $42.000 \text{ mg}/\text{m}^3$. Nisu utvrđeni tumori uz izloženost tijekom dvije godine, 1 sat dnevno u miševa do $312.000 \text{ mg}/\text{m}^3$ niti u štakora do $200.000 \text{ mg}/\text{m}^3$.

HFC 227ea ($\text{CF}_3\text{CHFCF}_3$)

PIO 0; PGZ 0,6; VZA 42

Za sada ispitan kao sredstvo za gašenje požara i kao potisni plin u aerosolima.

Izrazito niska akutna toksičnost; četiri-satna LC_{50} u štakora je $5,5$ milijuna mg/m^3 .

Izloženost štakora koncentracijama do vrlo visokih $347.500 \text{ mg}/\text{m}^3$ tijekom 28 dana nije dovela do toksičnih učinaka. Niti uz izvanredno visoku koncentraciju od više od dva milijuna mg/m^3 nije ustanovljena genotoksičnost.

Ocijenjen prihvatljivim kao potisni plin u medicinskim inhalatorima na osnovi ispitivanja akutne, subkronične i kronične toksičnosti u glodavaca i pasa, karcinogenosti u štakora i miševa, reproduksijske toksičnosti u glodavaca i kunića te genotoksičnosti.

HFC 125 (CHF_2CF_3)

PIO 0; PGZ 0,84; VZA 40,7

Zamjena za CFC koji se koriste kao rashladni plinovi i sredstva za gašenje požara.

Vrlo niska akutna toksičnost.

Izloženost štakora koncentracijama do $245.000 \text{ mg}/\text{m}^3$ tijekom 4-13 tjedana nije izazvala nikakve učinke. Ista izloženost nije dovela ni do učinka na reprodukciju ili razvitak u štakora i kunića.

Testovi mutagenosti in vitro i in vivo bili su negativni.

Izvor: Valić F. Toxicology of propellants. U: Consultation on Aircraft Disinsection. WHO/IPCS, Geneva, 1995 (12); Valić F, Beritić-Stahuljak D. Are chlorine-free compounds a solution for health problems caused by ozone-depleting substances? Acta med Croatica 1996; 50: 61-63 (13); IPCS. 1,1,1,2-tetrafluoroethane. CICAD 11, IPCS/WHO, Geneva, 1998 (14).

Globalno zagrijavanje

Međuvladina grupa za klimatske promjene (IPCC) Svjetske meteorološke organizacije (15) zaključila je 1995. godine da su globalne srednje temperature zraka od kraja 19. stoljeća do 1990. godine porasle za $0,3-0,6^\circ \text{C}$ te da je globalna razina mora porasla tijekom posljednjih stotinu godina između 10 i 35 cm pri čemu veći dio tog porasta pripisuje porastu globalne srednje temperature

zraka. Povišenje temperature zraka pripisuje se najvećim dijelom povećanju koncentracije "stakleničkih plinova" koje uzrokuje zagrijavanje prizemnog sloja atmosfere. Ocjenjuje se da je od predindustrijskog doba do danas došlo do značajne promjene u koncentracijama stakleničkih plinova u atmosferi. Koncentracija ugljik dioksida porasla je od 280 ppm na 360 ppm, metana od 700 ppb na 1.720 ppb, te didušikovog oksida od 275 do 310 ppb (16).

Računalskim modelima predviđa se globalno zagrijavanje za 1-3,5° C te povišenje razine mora, kao rezultat toplinskog rastezanja vode i topljenja ledenih masa, za 15-95 cm do 2.100. godine (17). Europska povelja o okolišu i zdravlju je čak ocijenila da će se u idućih pedeset godina srednja globalna temperatura povisiti za 1,5-4,0° C (18). Iz tih se rezultata može razabrati da te matematičke prognoze uključuju velike moguće prognostičke pogreške.

Procjenjuje se da bi porast razine mora od 50 cm ugrozio oko 92 milijuna, a porast od 1 metra čak 118 milijuna ljudi. SZO predviđa da bi se uz prognozirano globalno zatopljenje povisilo obolijevanje i smrtnost od kardiovaskularnih i respiratornih bolesti, te da treba očekivati povećanje frekvencije bolesti koje se prenose vektorima kao što su malarija, dengue, žuta groznica i neke vrste virusnog encefalitisa. Modeli koji prognoziraju povišenje globalne temperature od preko 3° C predviđaju da bi to dovelo do 50-80 milijuna novih slučajeva malarije godišnje, a da bi moglo doći i do povišenja učestalosti obolijevanja od kolere i salmoneloza (19).

S obzirom na sve prije spomenute modelima prognozirane posljedice globalnog zatopljenja, donešena je Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjenama klime (1994.). Protokolom u Kiotu (1997.) države-potpisnice su preuzele obvezu smanjenja srednje svjetske emisije stakleničkih plinova do razdoblja 2.008-2.012. u prosjeku za najmanje 5% od emisija 1990. godine. Sve razvijene europske zemlje prihvatile su smanjenje emisije za 8%, zemlje pridružene članice i zemlje kandidati za Europsku zajednicu za 6-8%, a Hrvatska za 5%.

U grupu stakleničkih plinova, na sastanku u Kiotu, uključeni su ugljik dioksid, didušikov oksid, metan, sumpor heksafluorid, fluorougljikovodici i perfluorougljici. Kako su u tu skupinu uključeni i fluorougljikovodici (HFC), postavlja se pitanje hoće li Kioto protokol praktički isključiti do sada najpovoljnije zamjene za plinove koji iscrpljuju ozonski sloj.

Maksimalno dopustive koncentracije zamjena za CFC

U praksi se pojavljuju i druge zamjene za Montrealskim protokolom zabranjene CFC. Pri tome se doduše zaštićuje ozonski sloj izborom zamjena malog ili nikakvog potencijala iscrpljivanja ozona, ali se nerijetko zanemaruje zapaljivost odnosno ugrožavanje radnika uvođenjem tvari opasnih za zdravlje. U tablici 6. navedene su maksimalno dopustive koncentracije (MDK) najčešćih CFC, nekih HCFC i HFC, te skupine ugljikovodika i nekih drugih spojeva koji se uvode kao zamjene za CFC (20,21).

Tablica 6. Maksimalno dopustive koncentracije (mg/m³) potpuno halogeniranih ugljikovodika i nekih zamjena

<u>Potpuno halogenirani ugljikovodici</u>			
CFC 11	5600	CFC 113	3800
CFC 12	5000	CFC 114	7000
		CFC 115	6320
<u>Djelomično halogenirani ugljikovodici</u>			
HCFC 21	40	HCFC 124*	5580
HCFC 22	1800	HCFC 141*	2425
		HCFC 142	4170
<u>Djelomično fluorirani ugljikovodici</u>			
HFC 125*	4910		
HFC 134*	4250		
<u>Ugljikovodici</u>		<u>Druge zamjene</u>	
Propan	1800	Dimetileter	1910
Butan	1900	Metilbromid	20 (Ca2)
Izobutan	2350	Metilklorid	105 (Ca2)
		Metilenklorid	175 (Ca2)

*Američki podaci

Izvor: Pravilnik o MDK.Zagreb: Narodne novine 26/1993 (20); Threshold Limit Values. Cincinnati,OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1995-1996 (21).

Kao primjer zanemarivanja opasnosti za radnike pri zamjeni spojeva koji oštećuju ozonski sloj mogu se navesti dva projekta u Hrvatskoj u suradnji s Organizacijom Ujedinjenih naroda za industrijski razvoj (UNIDO) (22).

Projektom "Postupno ukidanje freona 11 pri proizvodnji fleksibilnih poliuretanskih pjena u Orioliku" CFC 11 kao pjenilo zamijenjen je metilenkloridom. Time je doduše uklonjen jedan od potpuno halogeniranih ugljikovodika koji oštećuju ozonski sloj, ali je uveden spoj mnogostruko veće toksičnosti, koji izaziva karcinome u eksperimentalnih životinja. Iz tablice 6 je vidljivo da je MDK CFC 11 vrlo visokih 5600 mg/m³ dok je MDK metilenklorida 175 mg/m³, dakle 32 puta niža. Oznaka Ca2 u našem Pravilniku o maksimalno dopustivim koncentracijama (20) znači da je karcinogeno djelovanje utvrđeno laboratorijskim istraživanjem (čl. 9 Pravilnika). U američkoj listi graničnih vrijednosti (21) metilenklorid ima jednaku vrijednost MDK uz oznaku A2 što znači da je tvar karcinogena u eksperimentalnim životinjama uz primjedbu da je ta tvar prepoznata i u literaturi kao vjerojatni ili čak potvrđeni humani karcinogen. Stručnjak UNIDO-a nije to uopće uzeo u obzir. Zanimljivo je da se zbog dioksina ustanovljenog u piletini iz Belgije, koji u našoj listi MDK također ima oznaku Ca2, digla velika uzbuna u sredstvima informiranja, pa i u veterinarskoj inspekciji, a da nijedan organ nije prigovorio uvođenju metilenklorida u proizvodnju pjena mada taj spoj također ima oznaku Ca2. Niti stručnjaka UNIDO-a to nije smetalo.

U projektu "Postupno ukidanje freona u Plivi" su CFC 11 i CFC 12 kao potisni plinovi u proizvodnji kozmetičkih aerosola zamijenjeni smjesom propan-butan čime su umjesto potpuno nezapaljivih uvedeni vrlo zapaljivi plinovi.

Rasprava i zaključak

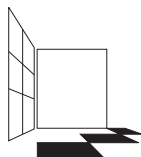
UNEP traži od IPCS-a toksikološku i ekotoksikološku evaluaciju CFC-a i mogućih zamjena. IPCS, koji je zajednički program UNEP-a, ILO-a i WHO-a, ocjenjuje 1992. godine da su povoljne zamjene HCFC 22 i HCFC 142b. Počinje proizvodnja tih spojeva. Iste godine UNEP donosi reviziju Montrealskog protokola u kojoj treba potrošnju HCFC smanjiti za 35% do 2.005, a potpuno isključiti do 2.030. godine. Zbog toga IPCS počinje evaluaciju fluorouglikovodika (HFC) - spojeva koji nemaju potencijal iscrpljivanja ozona. HFC 134a i HFC 227ea su nezapaljivi spojevi koji ne napadaju ozonski sloj, nisu toksični i nisu karcinogeni. Počinje proizvodnja i uporaba tih spojeva, a posebno prvo spomenutoga. Kioto protokolom Svjetska meteorološka organizacija i UNEP svrstavaju fluorouglikovodike među stakleničke plinove koje treba smanjiti zbog problema globalnog zagrijavanja. Time se vjerojatno isključuju HFC, po dosadašnjim evaluacijama među najboljim zamjenama za CFC i HCFC. ILO preporuča da se u proizvodnji rabe tvari što viših MDK. UNIDO se ne obazire na to i upotrebljava tvari niskih MDK kao zamjene za CFC i HCFC. Međunarodna agencija za istraživanja raka (IARC) insistira na izbjegavanju karcinogenih tvari, UNIDO se pri svojim zamjenama na to ne obazire. Kioto protokol smanjuje stakleničke plinove, što se može postići izbjegavanjem uporabe fosilnih goriva i uporabom alternativnih izvora energije od kojih je najčešća nuklearna. Bez obzira na to što je prva reakcija na Kioto protokol bila izjava ministricе Argentine da će intenzivirati uporabu nuklearnih izvora, i bez obzira na to što je u 1997. godini 17% od svjetske proizvodnje energije bilo iz nuklearnih izvora, strategija energetskeg razvitka Hrvatske ne predviđa izgradnju nuklearnih elektrana.

Neusklađenost djelovanja različitih međunarodnih programa očito je prevelika. Neusklađenosti ima čak i među programima iste međunarodne organizacije. To se dakako očituje i u nacionalnim planovima i odlukama.

Literatura

1. UNEP. Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. Final Act..Nairobi:United Nations Environment Programme.1987.
2. UNEP. Second Meeting of the Parties to the Montreal Protocol. London: United Nations Environment Programme/OzL Pro. 2/3, 1990.
3. UNEP. Fourth Meeting of the Parties to the Montreal Protocol. Copenhagen, 1992: United Nations Environment Programme. In: Handbook for the International Treaties for the protection of the Ozone Layer. 4th ed. Nairobi: United Nations Environment Programme, 1996.
4. United Nations Framework Convention on Climate Change.New York: United Nations, 1994.

5. Kyoto Protocol on the United Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto: United Nations Environment Programme/World Meteorological Organization, 1997.
6. Valić F, Beritić-Stahuljak D. Klorofluorouglikovodici - novi ekološki zdravstveni problem. *Lijec Vjesn* 1990; 112: 1-6.
7. UNEP. Environmental effects of ozone depletion. 1991 update. Nairobi: United Nations Environment Programme, 1991.
8. UNEP. Seventh Meeting of the Parties to the Montreal Protocol. Vienna: United Nations Environment Programme. In: Handbook for the International Treaties for the Protection of the Ozone Layer. 4th ed. Nairobi: UNEP, 1996.
9. WHO/IPCS. Fully Halogenated Chlorofluorocarbons. Valić F, ur. Environmental Health Criteria 113. Geneva: WHO, 1990.
10. WHO/IPCS. Partially Halogenated Chlorofluorocarbons (Methane Derivatives). Valić F, ur. Environmental Health Criteria 126. Geneva: WHO, 1991.
11. WHO/IPCS. Partially Halogenated Chlorofluorocarbons (Ethane Derivatives). Valić F, ur. Environmental Health Criteria 139. Geneva: WHO, 1992.
12. Valić F. Toxicology of Propellants. In: Proc.WHO Consultation on Aircraft Disinsection. Agenda item: 7.2. Geneva: World Health Organization, 1995, 1-12.
13. Valić F, Beritić-Stahuljak D. Are chlorine-free compounds a solution for health problems caused by ozone-depleting substances? *Acta med Croatica* 1996; 50: 61-63.
14. WHO/IPCS. 1,1,1,2-tetrafluoroethane. CICAD 11. Geneva: World Health Organization, 1998.
15. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC Second Assessment on Climate Change, 1995. Geneva: World Meteorological Organization, 1996.
16. IPCC. Climate Change 1994. Radiative Forcing of Climate Change. Geneva: World Meteorological Organization/United Nations Environment Programme, 1994.
17. IPCC. The Regional Impacts of Climate Change: an Assessment of Vulnerability. World Meteorological Organization/United Nations Environment programme. Cambridge: Cambridge University Press, 1998.
18. WHO/EURO. Environment and Health - the European Charter. Copenhagen: World Health Organization, 1990.
19. Poje D. Klima se mijenja. *Rugjer* 1997; 2: 23-28.
20. Pravilnik o maksimalno dopustivim koncentracijama štetnih tvari u atmosferi radnih prostorija i prostora i o biološkim graničnim vrijednostima. Zagreb: Narodne novine, br. 92, 1993.
21. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati,OH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1995/1996.
22. Provedba Montrealskog protokola u Republici Hrvatskoj. *Okoliš* 1998; 82: 3-4.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Mücke, H. Guido¹

Ambient Air Quality Programmes for Health Impact Assessment in the WHO European Region

Abstract: *An important aim of air quality assessment is to provide information needed for population exposure and health impact assessment. Human exposure to air pollutants may result in a variety of health effects depending on the type of pollutant, magnitude duration and frequency of exposure, and the associated toxicity of the particular pollutant. Numerous epidemiological studies have already shown that exposures to exceeded levels of different ambient air pollutants are associated with either acute or chronic health effects. Due to several on-going evaluation projects in Europe there is a need to harmonise the work and to find the most effective ways for national and international organizations to collaborate. The adequacy of monitoring of population exposure in relation to the quantitative assessment of health effects of air pollution is rarely considered in ambient air monitoring strategy. This makes formulation of health-related recommendations to risk management difficult and restricts the effectiveness of preventive measures or reduction of adverse health impacts of air pollution. To improve local and national capacities for health impact assessment the European Centre for Environment and Health of the World Health Organization (WHO) has prepared methodology guidelines concerning selected aspects of air monitoring. The harmonisation of ambient air quality measurements is essential for comparability and compatibility of air quality data. Moreover, it is the basis in order to manage health risk assessment of air pollution. For several years the WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control supports efforts being made in line with international programmes on quality assurance and control for the WHO European Region.*

Program praćenja kakvoće vanjskog zraka u europskoj regiji SZO zbog ocjene učinka na zdravlje

Sažetak: *Važan cilj ocjene kakvoće zraka je dobivanje informacije potrebne za ocjenu izloženosti stanovnika i utjecaja na zdravlje. Izloženost ljudi onečišćenju zraka može*

¹ Hans-Guido Mücke, WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene - Federal Environmental Agency, Corrensplatz 1, D-14195 Berlin, Germany

Suradni centar SZO za upravljanje kakvoćom zraka i nadzor nad onečišćenjem zraka pri Institutu za higijenu vode, tla i zraka - Savezna agencija za okoliš, Berlin, Njemačka

imati za posljedicu različite zdravstvene učinke, ovisno o vrsti onečišćenja, razini, trajanju i učestalosti izloženosti i toksičnosti neke onečišćujuće tvari. Mnoge epidemiološke studije su već pokazale da je izloženost povišenim razinama raznih onečišćujućih tvari u vanjskom zraku povezana s akutnim ili kroničnim zdravstvenim učincima. S obzirom na to da je u Europi u toku više takvih projekata, potrebno je uskladiti njihov rad i pronaći najučinkovitije načine suradnje nacionalnih i međunarodnih organizacija. U strategiji praćenja onečišćenja vanjskog zraka rijetko se razmatra prikladnost praćenja izloženosti stanovnika u odnosu na kvantitativnu ocjenu zdravstvenih učinaka onečišćenja zraka. To otežava formulaciju preporuka pri suzbijanju rizika, sprječavanju ili smanjenju štetnih zdravstvenih učinaka onečišćenja zraka. Da bi se unaprijedile lokalne i nacionalne mogućnosti za ocjenu zdravstvenih učinaka, Europski centar za okoliš i zdravlje Svjetske zdravstvene organizacije (SZO) pripremio je smjernice za metodologiju odabranih gledišta praćenja kakvoće zraka. Usklađivanje mjerenja kakvoće vanjskog zraka bitno je zbog usporedivosti i sukladnosti podataka o kakvoći zraka. Što više, to je osnova da bi se mogla provesti ocjena opasnosti onečišćenja zraka po zdravlje. Tijekom više godina Suradni centar SZO za upravljanje kakvoćom zraka i nadzor nad onečišćenjem zraka podupire napore koji se čine u skladu s međunarodnim programima za osiguranje i nadzor nad kakvoćom u Europskoj regiji SZO.

1. Introduction

More people will live in cities than ever before. In *The World Health Report 1998: Life in the 21st Century. A Vision for All* [WHO, 1998] the World Health Organization (WHO) predicts that by the year 2025 about 59 % of the world population will live in urban agglomerations. Already today, a considerable proportion of the European population lives in areas where air pollution concentration reaches levels of health relevance. Latest WHO estimates on air pollution health impact were presented at the Third European Ministerial Conference on Environment and Health in London, 16-18 June 1999, which indicates that ambient air pollution accounts for 3-4 % of the burden of premature mortality and disability in Eastern Europe and causes at least half a million deaths worldwide per year [WHO Press Release 32, 15 June 1999]. The reduction of risks to health is the main objective of pollution abatement strategies undertaken by authorities of various levels and promoted by most of the society. This is also one of the targets of the new pan-European health policy framework "Health21: health for all in the 21st century for the WHO European Region". Among the elements required for the design of effective pollution abatement strategy is an identification of basic characteristics of the pollution causing the most serious or most prevalent health problems in the exposed populations.

Design of pollution abatement strategy aimed at effective protection of population health requires more information than the knowledge on the locations where the adverse health effects may occur. Information on the severity and magnitude of the effects, in terms of the type and expected number of cases attributable to the pollution, may be necessary to justify and support decisions which may be costly

and will require various efforts from the society. Health benefits expected from the pollution abatement may outweigh these costs and the programmes may easier gain public support. The quantitative estimates of the outcomes provide “health impact assessment” methodology. It requires information on population exposure to the pollutants of health relevance as well as knowledge on exposure-health associations established on the basis of epidemiological and toxicological studies. The evaluation of air quality is important for assessing the nature of population exposure to air pollution. Reliable data are an indispensable condition for any further assessment or measure. The WHO recommends a harmonisation of international environmental data, such as ambient air quality data, and therefore quality assurance and control (QA/QC) activities are highly desirable. This demand becomes more and more evident after the political changes in the WHO European Region during the recent years, now consisting of 51 Member States. This contribution introduces the general approach to health impact assessment of air pollution and to proposed programmes. With special regard to the development and improvement of strategies for health-related ambient air monitoring a recently completed WHO European project will be introduced. Because reliable health impact assessment needs sound quality of measurement data examples on current quality assurance and control activities in ambient air monitoring are described finally.

2. Health Impact Assessment of Air Pollution

Human exposures to air pollution may result in a variety of health effects depending on: the type of pollutant, magnitude, duration and frequency of exposures, and the associated toxicity of the pollutant of concern. Exposures to air pollutants occur both outdoors and indoors depending on the activities of individuals. It is important to assess the exposure levels of different population sub-groups, especially sensitive or susceptible individuals such as children, elderly and infirm, etc. Health impact assessment combines estimates of population exposure with toxicity or exposure-response information. Exposure- or dose-response relationship information is quite relevant for estimating potential health risks. Health impact estimates for a population-base are calculated typically in terms of number of predicted excess health outcomes (e.g. increase in hospital admissions or acute mortality) due to exposure to certain level of air pollution concentration. This involves multiplying the concentration-response function by number of people exposed to each concentration level in the community.

In the last decade, there have been major advances in our knowledge and understanding of air pollution health effects. Today, health impact assessment is being more and more developed as a (routine) tool in decision making for air quality control and public health action aimed at air pollution risk reduction, and its results should be regularly reported to those who need to know. As the most appropriate way to evaluate air pollution health effects in the general population,

valid estimates from epidemiological studies are essential elements of the health impact assessment process.

The WHO European Centre for Environment and Health (WHO/ECEH, Bilthoven Division, The Netherlands) periodically review the health risks related to air pollution in the WHO European Region, in order to identify the most exposed populations and to indicate the pollution sources of health relevance. To implement this task, WHO/ECEH works on the development of air quality assessment methodology, evaluates the evidence on links between health and exposure to air pollutants, and collects information on the population exposure to air pollution for the database HEGIS (Health and Geographic Information System). WHO/ECEH is currently developing a software tool (AirQ) which allows to do health impact assessment and also to send air quality data to HEGIS.

National public health institutions have similar tasks in the Member States, and the international evaluation of air quality is a well-established programme of the European Environmental Agency (EEA, Copenhagen, Denmark). Therefore, there is a need to harmonise the work and to find the most effective ways for the national and international organizations to collaborate. In a joint activity WHO/ECEH, EEA and the European Topic Centre for Air Quality (ETC-AQ, Bilthoven, The Netherlands) recently proposed a comprehensive programme of air pollution health impact assessment in Europe for the next two years.

Evaluation of population exposure to air pollution is not always sufficiently well addressed by the air quality monitoring systems. Spatial variability of the pollution concentration and the differences between the areas covered by the monitoring and the places where population is located make the use of air quality data generated by routine monitoring networks problematic. Also the method of routine reporting of air quality monitoring data restricts the availability of the collected information for exposure assessment and for evaluation of health impacts of air pollution.

The main purpose of routine ambient air monitoring is the control of the compliance of air quality with guidelines or national standards. The adequacy of monitoring of population exposure in relation to the quantitative assessment of health effects of air pollution is rarely considered in the ambient air monitoring strategy. This makes formulation of health-related recommendations to the risk management difficult and restricts the effectiveness of preventive measures or reduction of adverse health impacts of the air pollution.

Hence, the WHO Regional Office for Europe (WHO/EURO, Copenhagen, Denmark) established programmes on ambient air quality monitoring for health impact assessment. To improve local and national capacities for health impact assessment WHO/ECEH has prepared methodology guidelines concerning selected aspects of ambient air quality monitoring.

3. Strategies for health-related ambient air monitoring

Recognizing the importance of the availability of valid information on population exposure to air pollutants, WHO/ECEH completed in 1998 a project which 'define features of monitoring networks allowing their use in assessing potential exposure of population to air pollution as determined by ambient air. The air quality assessment must include links with population exposure as well as links with the pollution sources'. The scope of the project was determined by a preparatory group meeting, who also indicated an outline of the foreseen monograph. More than twenty international experts from Europe and North-America contributed to the project as participants of the working group and as authors.

The monograph is intended to encourage and foster sound practice in monitoring health impact and assessment. It is not intended to serve as a detailed manual of monitoring practice and methodologies. The target groups of the publication are:

- network managers, both those who undertake design of new or modify existing networks
- decision level policy makers at various administrative levels
- those persons who influence policy.

The emphasis is on strategic issues and general approaches. Therefore, the reader is referred to other existing publications for more technical details of the methodology discussed.

A focus was given on the local pollution with due consideration of the contribution of long range transport of air pollutants. Harmonization between the local networks in order to have a national picture is considered as well. While it is well recognized that indoor sources of air pollution contribute to the total exposure of individuals, and populations, to air pollution, the project concentrates on the monitoring of the pollution in ambient air. This is justified by the intrinsic differences in monitoring of exposures to indoor air pollution as compared to ambient air quality assessment, as well as by specific need to provide tools for management of health risks related to ambient air pollution. This is also the reason why links of ambient air quality with the pollution sources are discussed. The first part of the monograph covers related activities of WHO, e.g. the previous monitoring related programme Global Environmental Monitoring System (GEMS-Air) and its successor Air Management Information System (AMIS), as well as activities on methodology health impact assessment of air pollution. The principles stated in this project should allow progressive modification of the air quality monitoring networks improving their usefulness for health impact assessment. The methods discussed are relevant for the components considered by the revised and updated WHO Air Quality Guidelines for Europe. Since the set of monitored pollutants depends on the specific situation in the investigated city, the project specifies the methods for selection of components in a given situation. Also the actions of the European Commission on the new Framework Directive

and Daughter Directives for air quality monitoring are considered. The second part gives main attention to the location and role of air quality required for health impact assessment in the causal chain between the pollution emission and health effects. Besides theoretical aspects on model calculations a few examples are presented and discussed. The third part formulates general concepts of air quality assessment, including principles of monitoring network design and operation, quality assurance and control problems, data interpretation and reporting. Part four provides specific approaches to monitoring of selected air pollutants (CO, O₃, SO₂, NO₂, PM10 and PM2.5, Benzene, PAH (BaP), Pb, and Cd) to illustrate the principles listed in part three. Finally, a number of important conclusions and recommendations regarding each step of air quality monitoring impact process are made. Specific details of these issues are discussed in the body of this monograph and in the variety of references cited in it.

The monograph is in print and WHO/EURO intends to publish it in 1999.

4. Quality assurance and control in ambient air monitoring

For several years efforts have been strengthened in the process of harmonising ambient air quality measurements in Europe. Quality Assurance and Control (QA/QC) activities are partly in practice at the national and international level. European actions are supported and conducted, for example by the Co-operative Programme for Monitoring and Evaluation of the Long-Range Transmission of Air Pollutants in Europe of the United Nation Economic Commission for Europe (UNECE-EMEP), co-ordinated by the Norwegian Institute for Air Research (NILU, Kjeller, Norway), and for the European Commission by the European Reference Laboratory for Air Pollution of the Joint Research Centre for the Member States of the European Union (JRC/ERLAP, Ispra, Italy).

In line with these actions the WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control (WHO CC) at the Institute for Water, Soil and Air Hygiene - German Federal Environmental Agency (UBA) -, Berlin, Germany, supports QA/QC efforts focusing on the 51 Member States of the WHO European Region. Such activities are the basis for comparison and compatibility of air quality data of country networks all over Europe in order to manage environmental risks to health and to assess the impact of air pollution on health. Following, two examples of current WHO CC activities on QA/QC are described.

4.1. Intercomparison measurement Workshops

Sample system design and maintenance, regular site visits, audits and intercalibrations are an important role in network quality assurance. Amongst others, one measure of intercalibrations are workshops on the comparison of ambient air quality measurement methods, so-called intercomparisons, at a central sample air manifold for various participating laboratories. Continuing the series of such Intercomparisons on Air Quality Monitoring in the WHO European Region

[Mücke et al., 1995, 1996, 1999] the WHO CC conducted two further workshops in May 1999. The main objective of this action is to serve as a QA/QC platform supporting especially those countries which are not routinely involved in other programmes. The workshops address laboratories which are responsible for QA/QC in air quality monitoring networks, either at the national, regional or local level. The intercomparison measurements took place at the national reference laboratory for air quality of the German Federal Environmental Agency (UBA Pilotstation) in Langen, Germany. The measurements at the sample air manifold were suitable for automated, semi-automated and/or manual devices. Each participating laboratory achieved in situ calibrations of its analyser(s) with its national calibration method (reference or transfer standard). The content of the workshop programme were harmonised with the intercomparison programme of the European Commission, which were carried out in a first meeting at JRC/ERLAP for EU Member States in April 1999 in Ispra, Italy. The WHO CC workshops focused on sulphur dioxide, oxides of nitrogen, ozone and benzene. Whereas the overall objective is to assist and help laboratories to check, compare and improve the quality of their ambient air quality measurements, the specific aims were:

- to compare all measurement systems of participating teams during measuring test periods for day and night-time and for each test gas under laboratory conditions
- to compare day and night-time measurements in ambient air
- to audit the calibration standards (e.g. national reference standards) of participating laboratories with the UBA primary standard calibration
- to exchange acquired experiences in operating and managing the measurement and calibration systems.

At both workshops in May 1999 altogether thirteen laboratories of environmental (n=9) and health (n=4) related institutions participated from: Budapest/H, Langen/D, Ljubljana/SLO, two of Prague/CZ, Riga/LV, Sofia/BG, St. Petersburg/RUS, Tallinn/EST, Tashkent/UZB, Tirana/AL, Vilnius/LT and Zagreb/HR. Both automatic analysers (monitors: n=8) and manual methods (sampling and wet chemical analysis: n=5) were applied during the intercomparison measurements. The technical description of measuring methods, devices and calibration procedures, as well as the evaluation and interpretation of all intercomparison results is foreseen to be published in detail in the WHO CC series Air Hygiene Report in 1999.

It has to be mentioned that intercomparisons can only record a momentary measuring situation. None of the manual or automated measurement methods could however claim to measure the “true” value. This is to be taken into account when intercomparisons are evaluated. Nevertheless, the programme of WHO CC intercomparison measurement workshops are to be seen as an important step of QA/QC measures to provide reliable data for environmental health impact assessment.

The financial support of the German Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety, Bonn, is gratefully acknowledged.

4.2. Status Report on Quality Assurance and Control

Before using air quality data for health impact assessment the quality of the data has to be checked in advance. For a better understanding further background information on QA/QC activities in air quality monitoring networks of the WHO European Member States is needed. As consequence, in spring 1999 the WHO CC carried out a survey in cooperation with the national laboratories participating in the intercomparison workshops 1999. In order to give a comprehensive overview on of comparable and compatible information on QA/QC a special questionnaire was designed for this compilation.

On the one hand basic information on network design, such as number of monitoring sites, location specifications and variety of measured air pollutants are of interest. Besides, information are requested on regular QA/QC system operations, on-site functions, audits, calibrations/intercalibrations, and trainings courses. In order to maximise data integrity further quality control measures are necessary. Hence, the final part of the questionnaire is focused on data management and reporting. All information of this compilation will be evaluated and published in a status report of the WHO CC series Air Hygiene Report in 1999. The WHO Regional Office for Europe highly recommends that the experiences and results of such QA/QC activities should influence and spread into short- and long-term measurements for both manual and automated methods in the ambient air quality monitoring networks at the national, regional and local level in the Region.

References

- Mücke, H.-G., H. Manns, E. Turowski and G. Nitz (1995). European Intercomparison Workshops on Air Quality Monitoring. Vol. 1 - Measuring of SO₂, NO and NO₂ - Air Hygiene Report 7. World Health Organization / WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control, Berlin, Germany, ISSN 0938-9822.
- Mücke, H.-G., W. Rudolf, E. Turowski and V. Stummer (1996). European Intercomparison Workshops on Air Quality Monitoring. Vol. 2 - Measuring of CO, NO, NO₂ and O₃ - Air Hygiene Report 9. World Health Organization / WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control, Berlin, Germany, ISSN 0938-9822.
- Mücke, H.-G., M. Kratz, A. Medem, W. Rudolf, V. Stummer and G. Sukale (1999). European Intercomparison Workshops on Air Quality Monitoring. Vol. 3 - Measuring of CO, NO, NO₂ and BTX - Air Hygiene Report 11. World Health Organization / WHO Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control, Berlin, Germany, ISSN 0938-9822.

- WHO World Health Organization (1998). The World Health Report 1998. Life in the 21st century - A vision for all. WHO, Geneva, Switzerland. ISBN 92-4-156189-0.
- WHO World Health Organization (1998). Health21 - health for all in the 21st century. An introduction to the health for all policy framework for the WHO European Region. European Health for All Series No. 5. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark. ISBN 92 890 1348 6.
- WHO World Health Organization (1999). 2nd Edition of the WHO Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, in press.
- WHO World Health Organization (1999). Strategies of Ambient Air Quality Monitoring for Health Impact Assessment. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, in press.

Tema 1
Upravljanje kakvoćom zraka, inspekcija
i nadzor



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Nećak, J.¹, Papišta, D.¹, Jelavić, V.²

Ocjena stanja kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj

Sažetak: *Zrak se onečišćuje ispuštanjem štetnih tvari iz prirodnih i antropogenih izvora. Od čovjekom stvorenih izvora najveći emiteri su ložišta, promet, industrija i neke poljoprivredne aktivnosti. Broj onečišćujućih tvari svakim danom je sve veći pa se i problemi onečišćenja zraka pomiču sa tzv. tradicionalnih onečišćujućih tvari (sumporov dioksid, dim i čestice) prema tvarima visoke otrovnosti (teški metali, aromatski ugljikovodici, klorirani ugljikovodici i drugi).*

Kako se onečišćenje zraka može djelotvorno suzbiti na izvoru onečišćavanja, prvi korak u sustavnom rješavanju problematike onečišćenja zraka je određivanje proračuna emisije te praćenje kakvoće zraka u urbanim naseljima. Nužnost izrade proračuna emisija onečišćujućih tvari u zrak proizlazi i iz obveza potvrđenih međunarodnih ugovora te Zakona o zaštiti okoliša i Zakona o zaštiti zraka.

U radu se daje prikaz godišnjeg proračuna emisija za osam glavnih onečišćujućih tvari: SO₂, NO_x, N₂O, NH₃, NMVOC, CO, CO₂ i CH₄, tri teška metala: Hg, Pb i Cd, trend emisija za razdoblje 1990.-1997. godinu, te trend kakvoće zraka u urbanim naseljima za razdoblje 1995.-1998. godinu. Na temelju dugogodišnjeg praćenja kakvoće zraka i izračuna godišnjih emisija onečišćujućih tvari po sektorima daje se ocjena stanja kakvoće zraka te naznačuju glavni uzroci onečišćavanja zraka u Republici Hrvatskoj.

Evaluation of Air Quality State in the Republic of Croatia

Summary: *Air pollution is caused by emissions of harmful substances from natural and man-made sources. The major man-made sources are fireboxes, transport, industry and certain agricultural activities. Number of pollutants increase daily, thus shifting the pollution problem from the so-called traditional pollutants (sulphur dioxide, smoke and particulate matter) onto highly toxic substances (heavy metals, aromatic hydrocarbons, chlorinated hydrocarbons etc.).*

Thanking to the possibility of abating air pollution effectively on source, the first step towards a systematic solving of air pollution would be establishment of emission inventory

1 Jasenka Nećak, Danko Papišta, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb

2 Vladimir Jelavić, Ekoner holding, Zagreb

and monitoring of air quality in urban areas. The necessity to establish pollutant emission inventory arises from the obligations confirmed by international treaties, the Law on Environmental Protection and the Law on Air Quality Protection.

The paper gives a review of the annual emission inventory for eight major pollutants: SO₂, NO_x, N₂O, NH₃, NMVOC, CO, CO₂, CH₄, three heavy metals: mercury, lead and cadmium, emission trends for the period 1990 to 1997, and the air quality trend in urban settlements for the period 1995 to 1998. Based on multiannual air quality monitoring and calculation of annual pollutant emissions by sectors, an evaluation of air quality state and major air pollution causes in the Republic of Croatia is presented.

Uvod

Republika Hrvatska je prepoznatljiva kao zemlja izrazito bogata raznolikim, još uvijek sačuvanim prirodnim vrijednostima, koje su pak samo dio sveukupnog okoliša, izloženog svekolikim pritiscima. Slijedom toga, prirodni prostor i okoliš najznačajniji su globalni i strateški resurs Hrvatske, jedini bitan čimbenik koji Hrvatskoj daje prednost u odnosu na druge europske zemlje te može biti glavni temelj svekolikog razvitka i napretka.

Potreba za čistim zrakom najvažnija je čovjekova životna potreba jer ne postoji nikakva zamjena za zrak. Čist zrak je temeljni element zdravlja, a svaki poremećaj prirodnih osobina i svojstava zraka može dovesti do neželjenih promjena ili poremećaja funkcije organizma. Osim toga, onečišćenje zraka značajno utječe na ostalu živu ali i neživu prirodu te radom stvorene vrijednosti. Usprkos stalnom razvoju znanosti i tehnika za smanjenje emisije broj različitih onečišćavajućih tvari koje se emitiraju u atmosferu, kao posljedica ljudskih aktivnosti, sve je veći a objektivni podaci i saznanja o stanju kakvoće zraka najčešće su veoma oskudni. Razlog tomu prvenstveno je u svezi s fizikalno-kemijskim osobitostima zraka, po kojima je upravo taj, najvažniji element okoliša, najteže valorizirati objektivnim metodama, odnosno sačuvati od onečišćenja. To, ali i druge okolnosti, razlog su manjkavosti i/ili kvantitativno-kvalitativne neujednačenosti podataka o kakvoći zraka na cijelom području Hrvatske.

U današnje vrijeme, temeljnim problemima zaštite zraka smatraju se:

- **zakiseljavanje i eutrofikacija** (prekomjerno opterećenje dušikom) kao posljedica emisije sumporovog dioksida (SO₂), dušikovih oksida (NO_x) i amonijaka (NH₃) sa štetnim djelovanjem na vegetaciju, materijalna dobra i ekosustave površinskih voda,
- **prizemni ozon**, kao posljedica složenih fizikalno-kemijskih reakcija u atmosferi (reakcija dušikovih oksida (NO_x), hlapivih organskih tvari (VOC) i sunčevog zračenja), koji štetno djeluje na zdravlje ljudi i vegetaciju, te materijalna dobra,
- **kakvoća zraka** vezana za niz drugih štetnih plinova i krutih tvari pretežito u gusto naseljenim područjima i gradovima,
- **emisija stakleničkih i klorofluorouglikovodikovih plinova**, sa mogućim djelovanjem na promjenu klime, te sa mogućim utjecajem na stratosferski ozon.

Zakiseljavanje, eutrofikacija i prizemni ozon predstavljaju probleme regionalnog karaktera sa štetnim posljedicama na udaljenostima od nekoliko desetaka kilometara do desetak tisuća kilometara. Djelotvorno rješavanje ovih problema jedino je moguće zajedničkim akcijama na međunarodnom planu što se provodi u okviru Konvencije o daljinskom prekograničnom onečišćenju zraka (LRTAP). Od protokola koji prate LRTAP konvenciju Hrvatska je pristupila Protokolu o daljnjem smanjenju emisije sumpora, a potpisala je Protokol o teškim metalima i Protokol o postojećim organskim onečišćivačima. Posljednji protokol LRTAP konvencije (u postupku je dovršenja), koji se odnosi na smanjenje emisije NO_x i drugih onečišćujućih tvari, temelji se na "multi-pollutant/multi-effect" pristupu, ograničavanjem emisije dušikovih oksida, sumporovog dioksida, hlapivih organskih spojeva i amonijaka istovremeno, čime se utječe na smanjivanje pojave zakiseljavanja, eutrofikacije i stvaranja povećanih koncentracija prizemnog ozona. Problem globalnog zagrijavanja Zemlje uzrokovan stakleničkim plinovima rješava se na međunarodnom planu u okviru Konvencije UN o promjeni klime i pripadnim Kyoto protokolom.

Problemi kakvoće zraka na lokalnoj razini vezani su za niz štetnih tvari prvenstveno nastalih kao posljedica izgaranja goriva i emisije iz industrijskih procesa. Ovi se problemi rješavaju snižavanjem razina emisije na ispustu i primjenom ostalih mjera kako bi se spriječilo izlaganje onečišćujućim tvarima iznad granica koje se smatraju štetnim po zdravlje i vegetaciju.

Stupanj onečišćenosti zraka se određuje na temelju rezultata godišnjih mjerenja koncentracija onečišćujućih tvari u zraku naseljenih i nenaseljenih područja, te procenom stupnja onečišćenosti primjenom matematičkih modela ili drugih metoda procjene u skladu s opće prihvaćenom praksom u svijetu. Kako je promjena kakvoće zraka direktna posljedica ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak iz izvora onečišćavanja, redovito se prikupljaju podaci o vrsti i količini onečišćujućih tvari, kao i o izvorima onečišćavanja. Podaci o emisijama, stupanj onečišćenosti zraka, te poznavanje prihvatnog kapaciteta okoliša neophodni su za valjanu ocjenu kakvoće zraka u Hrvatskoj, te su osnovni temelj za donošenje mjera i programa za sprječavanje i smanjivanje onečišćavanja zraka.

1. Kakvoća zraka i ključni problemi

Prema podacima Svjetske zdravstvene organizacije za 1998. godinu danas u gradovima živi više ljudi nego ikada prije, a ista organizacija predviđa da će već tako bliske 2005. godine u gradovima živjeti oko 59% cjelokupne svjetske populacije. U Europi, djelomično i kod nas, znatan dio populacije živi u područjima gdje je onečišćenje zraka na razini mogućeg utjecaja na zdravlje ljudi. Kako je osnovna i prvenstvena svrha zaštite okoliša-očuvanje, odnosno zaštita zdravlja ljudi, to su u slučaju zaštite zraka ta svrha i cilj još izraženiji. Stoga je jedna od najvažnijih zadaća pri ocjeni postojećeg stanja, saznanje o broju stanovnika koji su izloženi onečišćenom zraku, odnosno saznanje o kakvoći zraka na području veće gustoće stanovništva, tj. u naseljima.

Republika Hrvatska (prema popisu stanovništva iz 1991. godine) ima 4.784.265 stanovnika koji žive u 6.694 naselja, no od tog broja, 51% stanovnika živi u 117 gradskih naselja (naselja s više od 2.000 stanovnika). Ako se pak promatraju samo gradska naselja, koja zbog svoje veličine i/ili gospodarskih sadržaja mogu imati onečišćen zrak i probleme s tim u svezi, tada su to prvenstveno gradovi s više od 25.000 stanovnika. Prema podacima iz Strategije prostornog uređenja Republike Hrvatske takvih gradova ima svega 18 ("skupina 18"), s ukupno 1.940.000 stanovnika, što čini oko 41% ukupnog broja stanovnika Hrvatske. Zbog koncentracije pučanstva i aktivnosti ili sadržaja koji mogu nepovoljno utjecati na stanje kakvoće zraka, svih tih 18 gradova morali bi biti obuhvaćeni kvalitetnim sustavom praćenja kakvoće zraka. Ta obveza temelji se na brojnosti izloženih ljudi te mogućim utjecajima na zdravlje i okoliš u cjelini, pa takav zahtjev predstavlja minimum glede sustava praćenja kao mjere zaštite zraka u funkciji zdravlja ljudi.

Od navedenih 18 gradova odgovarajućim praćenjem kakvoće zraka nije obuhvaćeno sedam gradova: Slavonski Brod, Vukovar, Velika Gorica, Vinkovci, Sesvete, Varaždin i Čakovec. Uz 11 gradova "skupine 18", te prema Izvješčaju o praćenju onečišćenja atmosfere na području Republike Hrvatske Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada iz Zagreba (IMI), ožujak 1999., praćenjem je obuhvaćeno još drugih 30 gradova ili gradskih naselja sa ukupnim brojem od oko 135.000 stanovnika. S toga, može se zaključiti da oko 40 % velikih i/ili većih gradova u Hrvatskoj nije obuhvaćeno sustavnim praćenjem kakvoće zraka. Praćenjem u većem broju drugih gradskih naselja taj je nedostatak otklonjen, barem što se tiče broja stanovnika obuhvaćenih praćenjem, tako da samo oko 6% stanovništva gradskih naselja nije obuhvaćeno nekim od oblika praćenja kakvoće zraka. Prema podacima za 1998. godinu, praćenjem kakvoće zraka obuhvaćeno je oko 38% cjelokupnog stanovništva Hrvatske, odnosno preko 90% stanovnika naselja.

Bez obzira na sadašnje stanje sustava praćenja kakvoće zraka, za sva gradska naselja obuhvaćena postojećim sustavom može se smatrati da je onečišćenje zraka u tim gradskim naseljima posljedica općih pritisaka na okoliš prvenstveno od strane proizvodnje i potrošnje svih oblika energije (u stacionarnim ili mobilnim izvorima), domaćinstava, industrije, te komunalnog i tehnološkog otpada. Brojnost i raznovrsnost onečišćenja emitiranog u zrak na području gradova glavni je činitelj kakvoće zraka gradova i u prostoru oko gradova. Utjecaj drugih uzroka (na pr. daljinskog međugraničnog transporta) onečišćenja zraka gradova je zanemariv (u odnosu na lokalnu emisiju) ili ga je moguće objektivno utvrditi samo u iznimnim situacijama (žuta kiša, veliki požari, erupcije vulkana, ekološke nesreće, posljedice ratnih djelovanja i sl.).

1.1. Kakvoća zraka u naseljima

Prema Zakonu o zaštiti zraka, za praćenje kakvoće zraka naselja uspostavljaju se područne mreže i provode se mjerenja posebne namjene. Kakvoća zraka izrazito je dinamičan proces jer se stanje kakvoće značajno mijenja prostorno i vremenski

kako zbog emitiranog onečišćenja tako i zbog fizikalno-kemijskih procesa ili uvjeta. Uz to, kvalitativno i kvantitativno (kroz nekoliko godina) mijenjaju se i načini praćenja odnosno sustav praćenja. Zbog toga se za ocjenu stanja kakvoće zraka koriste razni načini brojanog, prostornog i vremenskog osrednjavanja podataka što je učinjeno i u ovom slučaju, te je za analizu stanja i komentar korišteno razdoblje 1995.-1998. godine, odnosno godišnji izvještaji IMI-ja o praćenju onečišćenja atmosfere na području Republike Hrvatske za promatrano razdoblje. Zbog aktualnosti, za prikaz sustava praćenja korišteni su podaci za 1998. godinu, koja se i inače može uzeti kao referentna. Prema podacima za 1998. godinu, kakvoća zraka praćena je u 41 naselju (gradu ili gradskom naselju), na 123 postaje. Najčešće je zastupljeno praćenje SO₂, dima i ukupne taložne tvari - UTT (s kvalitativno/kvantitativnom analizom), a zatim NO₂, NH₃, dok je praćenje ostalih pokazatelja, kao što su lebdeće čestice-LČ, H₂S, O₃, fenoli, kloridi, sulfidi i policiklički aromatski ugljici, sporadično odnosno na razini je posebnih mjerenja.

Kakvoću zraka u naseljima (gradovima i/ili gradskim naseljima) Hrvatske, u smislu kontinuiranih imisijskih mjerenja, prate pravne osobe koje su ishodile suglasnost Državne uprave za zaštitu prirode i okoliša za obavljanje poslova praćenja emisija i kakvoće zraka, koje osim uspostave i provođenja mjerenja, po dogovorenoj i jedinstvenoj metodologiji prikupljaju, obrađuju i interpretiraju rezultate mjerenja.

Uvažavajući dobivene rezultate obavljenih mjerenja kakvoće zraka za razdoblje 1995.-1998. godine, stanje onečišćenja zraka po gradovima je kako slijedi:

- **prekomjerno onečišćen zrak** (prekoračene su granične vrijednosti, III. kategorija kakvoće zraka) najčešće je u sljedećim gradovima ili dijelovima tih gradova: Zagreb, Rijeka i Split (tijekom sve 4 godine), Sisak i Kutina (3 godine), Šibenik, Most Raša (2 godine), dok se u ostalim gradovima prekomjerno onečišćenje javlja samo tijekom 1 godine (na primjer Bakar) ili nema prekomjernog onečišćenja,
- **umjereno onečišćen zrak** (prekoračene su preporučene vrijednosti ali ne i granične vrijednosti, II kategorija kakvoće zraka) redovito je kroz sve 4 godine u sljedećim gradovima ili dijelovima tih gradova: Zagreb, Split, Rijeka, Osijek, Kutina, Šibenik, Pula dok je kroz 3 godine umjereno onečišćenje bilo u Karlovcu i Sisku,
- **čist ili neznatno onečišćen zrak** (nisu prekoračene preporučene vrijednosti, I. kategorija kakvoće zraka), prema postojećoj mreži postaja za praćenje kakvoće zraka, je u sljedećim gradovima ili gradskim naseljima: Gospić, Ogulin, Knin, Senj, Zadar, Dubrovnik, Bjelovar, Križevci, Daruvar, Krapina, Karlovac, Novska, Opatija, Brseć, otok Krk, otok Cres, Delnice, Lividraga, Pazin, Labin, Koromačno, Umag, Rovinj, te neki dijelovi Siska, Rijeke, Osijeka, Bakra, Splita, Šibenika, Pule, Kutine i Zagreba.

Izdvojimo li gradove u kojima istovremeno postoje dijelovi sa prekomjerno i dijelovi sa umjereno onečišćenim zrakom (dakle postoji pojava onečišćenja zraka, za razliku od čistog zraka) tada su to, već niz godina, u pravilu Zagreb, Split,

Sisak, Pula, Šibenik, Kutina i Rijeka. Poznato je da u nekim gradovima postoje veća ili manja područja u kojima je stanovništvo izloženo neugodnim mirisima no podaci o tome su za sada dosta manjkavi uz napomenu da se i tu najčešće radi o navedenim gradovima ili njihovim dijelovima. Obzirom na sve to znači da je znatan broj stanovnika izložen onečišćenom zraku, a navedeni gradovi zahtijevaju dodatnu pozornost glede zaštite zraka, kako po broju i načinu praćenja kritičnih pokazatelja tako i po nadzoru emisija. Zakonska je obveza, u područjima III. kategorije kakvoće zraka provesti sanacijske mjere, a u područjima II. kategorije provesti mjere smanjivanja onečišćenja zraka, kako bi se dugoročno postigla I. kategorija kakvoće zraka na cjelokupnom teritoriju Hrvatske.

Obzirom na vrstu onečišćenja (onečišćujuću tvar), koja se javlja u slučaju umjereno ili prekomjerno onečišćenog zraka (II. i/ili III. kategorije kakvoće zraka), najčešće se radi o UTT, teškim metalima (u ukupnoj taložnoj tvari i/ili lebdećim česticama: Pb, Cd, Mn, Tl), te o NO_2 . Ukupne lebdeće čestice, H_2S , dim, NH_3 , i SO_2 , mnogo su manje, oko 3-10 puta, uzrokom većeg i trajnijeg onečišćenja zraka nego UTT. Prema rezultatima praćenja kakvoće zraka za razdoblje 1995.-1998. godine, uzročnost pojedinog pokazatelja i kakvoće zraka II. ili III. kategorije, odnosno u slučajevima pojave onečišćenja, prikazana je u tablici 1.

Tablica 1. Uzročnost onečišćenja zraka prema pokazateljima (onečišćujućim tvarima)

onečišćenja	metaliu UTT	1	1	1	1	1	1
čestica (%)	20	37	11	6	6	4	2
II. i/ili III. kategorije kakvoća							

Iako su II. i III. kategorija kakvoće zraka bitno različite po iznosima normativnih koncentracija odnosno mogućih utjecaja na zdravlje ljudi, u ovom su slučaju te dvije kategorije objedinjene zbog naglašavanja razlike onečišćenog od čistog zraka tj. nepoželjnog od željenog strateškog cilja svih europskih zemalja. Bez obzira na određenu manjkavost ovakovog pristupa, posebno glede učestalosti i prostorne raspodjele praćenja pojedinih pokazatelja, moguće je uočiti neke značajke koje uvjetuju kakvoću zraka gradova Hrvatske upućujući nas na ključne probleme.

Iz tablice 1. je vidljivo da onečišćenje zraka UTT i teškim metalima u UTT uzrokuje 66% umjerenog i/ili prekomjernog onečišćenja, odnosno zajedno sa NO_2 i LČ to iznosi 83% uzročnosti kakvoće zraka II. i/ili III. kategorije. Važno je napomenuti da iako se UTT prati u 20 gradova / naselja, samo u njih 8 se obavlja analiza UTT i na teške metale dok u preostalih 12 teški metali nisu uključeni u analizi UTT. Za pretpostaviti je da bi slična uzročnost (tablica 1.) bila još izraženija jer su na ovaj način, glede imisijskih koncentracija teških metala, izostavljeni gradovi kao na pr. Osijek, Šibenik, Pula, Labin, Kutina i sl. Na taj način problemi

onečišćenja zraka u gradovima i/ili gradskim naseljima, postaju mnogo konkretniji a problematska kompatibilnost sa europskim spoznajama, obzirom na vrstu onečišćenja i prioritetne aktivnosti, postaje očitija.

Mjerenje imisijskih koncentracija prizemnog O_3 za sada su izrazito manjkava (3 postaje u Zagrebu) no podaci za dvije godine, 1997. i 1998., redovito su bili znatno niži od najstrože vrijednosti (PV_{98}) od $110 \mu g/m^3$, uz napomenu da su prirodne koncentracije O_3 cca $40 \mu g/m^3$.

1.2. Ocjena stanja kakvoće zraka

Problem naselja (gradova ili dijela gradova/naselja) sa kakvoćom zraka II. i/ili III. kategorije, dakle gradova gdje više nije dovoljno preventivno djelovanje već je potrebno provođenje mjera za smanjenje onečišćenja zraka odnosno sanaciju, ozbiljan je posebno s toga što se takvo stanje javlja u uvjetima izrazito smanjene gospodarske aktivnosti. To nameće potrebu što skorije izrade Strategije zaštite okoliša i pratećih akcionih planova vodeći računa o mogućim znatnim i raznovrsnim emisijama onečišćenja u zrak, kao posljedice bržeg gospodarskog rasta. Važno je također uočiti činjenicu da se u slučajevima pojave onečišćenja zraka II. i/ili III. kategorije često radi o onečišćenju teškim metalima, olovom, kadmijem i talijem. Ovo se prvenstveno odnosi na rezultate dobivene analizom UTT, što je obzirom na veličinu čestica i mogući utjecaj na zdravlje ljudi povoljnije, no svakako je važan podatak da su općenito imisijske koncentracije olova u zraku u Hrvatskoj višestruko veće od onih u većini europskih zemalja koje tom problemu, posebno u svezi s lebdećim česticama pridaju sve veći značaj. Prema saznanjima tih zemalja, emisija, akumulacija i izloženost olovu najveća je u urbanim (prometnim) središtima, gdje je 3-4 puta veća od prigradske, a oko 10 puta veća od nenaseljenih područja. Naši podaci potvrđuju te spoznaje. Zemlje u kojima je smanjena ili potpuno ukinuta potrošnja motornog benzina s olovom postigle su značajno smanjenje koncentracija olova u zraku no u Hrvatskoj je to samo djelomično jer uz stalan porast potrošnje bezolovnih motornih benzina, potrošnja motornog benzina s olovom i dalje je značajno zastupljena u ukupnoj potrošnji goriva, te je emisija olova po stanovniku u Hrvatskoj među najvišima je u Europi (oko 60 g/stan.). U gradskim prometnim područjima preko 90% emisije olova potječe od motornih vozila, što je u Hrvatskoj najizraženije u Zagrebu gdje su u 1995., 1996. i 1997. godini na 2 - 4 postaje koncentracije Pb u UTT uzrokovale prekomjerno onečišćenje zraka. Ostali mogući izvori emisije olova su razni industrijski procesi, topionice/ljevaonice metala, proizvodnja olovnih baterija, termoelektrane na ugljen i ostala ložišta.

Na temelju podataka o praćenju kakvoće zraka u razdoblju 1995.-1998. godine, koji se odnose na 11 gradova iz "skupine 18" i 30 dodatnih naselja (gradova i/ili gradskih naselja) može se zaključiti sljedeće:

- Prekomjerno onečišćen zrak (III. kategorije) ima 15% naselja (gradova/gradskih naselja ili njihovih dijelova);
- Umjereno onečišćen zrak (II. kategorije) ima 60% naselja (gradova/gradskih naselja ili njihovih dijelova);

- Čist ili neznatno onečišćen zrak (I. kategorije) ima 25% naselja (gradova/gradskih naselja ili njihovih dijelova);
- Prekomjerno ili umjereno onečišćen zrak najčešća je pojava u Zagrebu, Splitu, Sisku, Puli, Šibeniku, Kutini i Rijeci;
- Prekomjerno ili umjereno onečišćenje najčešće je posljedica emisije krutih čestica (UTT i teških metala u njima) i NO_2 , iz mobilnih i/ili stacionarnih izvora na užem području.

2. Emisija onečišćujućih tvari u zrak u razdoblju 1990-1997. godine

Određivanje emisije onečišćujućih tvari u zrak predstavlja prvi korak u sustavnom rješavanju problema zaštite zraka. Nužnost izrade proračuna emisije proizišla je iz potvrđene Konvencije o dalekosežnom onečišćenju zraka (LRTAP), Okvirne konvencije UN o promjeni klime te Zakona o zaštiti zraka. U skladu s europskim programom za izradu proračuna emisija za Republiku Hrvatsku izrađen je proračun emisije osam onečišćujućih tvari: SO_2 , NO_x , NMVOC, CH_4 , CO, CO_2 , NH_3 i N_2O . Emisija je određena za razdoblje od 1990. do 1997. godine, s tim što je za 1990., 1995., 1996. i 1997. godinu određena i emisija teških metala žive, olova i kadmija, te procjena emisije za određene postojeće organske spojeve. Na slici 1. dat je trend emisija glavnih onečišćujućih tvari u Hrvatskoj za razdoblje 1990-1997., a na slici 2. prikazan je trend emisija teških metala.

2.1. Emisije onečišćujućih tvari u zrak

Emisija sumporovih oksida (SO_2). Emisija sumporovog dioksida znatno je smanjena nakon 1990. godine, i u 1997. godini iznosi 45 posto emisije iz 1990. godine. U posljednje dvije godine bilježi se blago povećanje emisije, tako da je emisija u 1997. godini bila 80 376 tona. Najveći razlog smanjenja emisije je smanjenje industrijske proizvodnje i ostalih aktivnosti u godinama nakon rata. Drugi razlog je veliko smanjenje emisije termoelektrane na ugljen TE Plomin, koja od 1991. godine koristi mješavinu domaćeg i uvoznog ugljena čime je emisija sumpora smanjena za 20 000 t/god. Treći razlog je smanjeni sadržaj sumpora u tekućim naftnim gorivima, no u posljednje dvije godine bilježi se ponovno porast sadržaja sumpora u tekućim naftnim gorivima. Sadržaj sumpora u derivatima nafte ovisna je gotovo isključivo o kakvoći sirove nafte koja se uvozi jer ne postoje postrojenja za odsumporavanje tekućih naftnih goriva, osim nove HDS jedinice u rafineriji Rijeka za dizel gorivo. U ukupnoj emisiji tri rafinerije (Rijeka, Urinj i Sisak) zajedno s pet termoelektrana čine 65 % emisije SO_2 u Hrvatskoj, industrijski procesi čine oko 22 %, a promet doprinosi emisiji SO_2 sa 10%. Od ukupne emisije 67% je posljedica izgaranja tekućeg naftnog goriva.

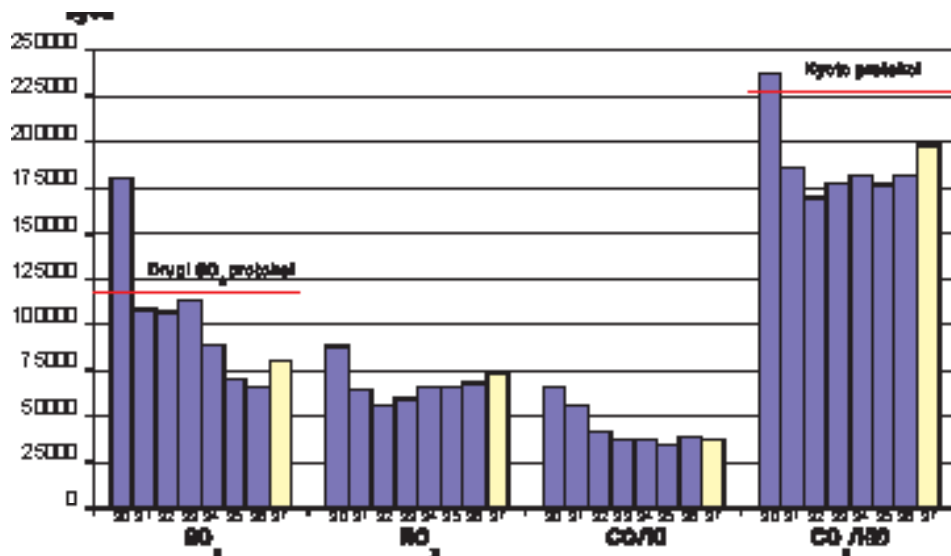
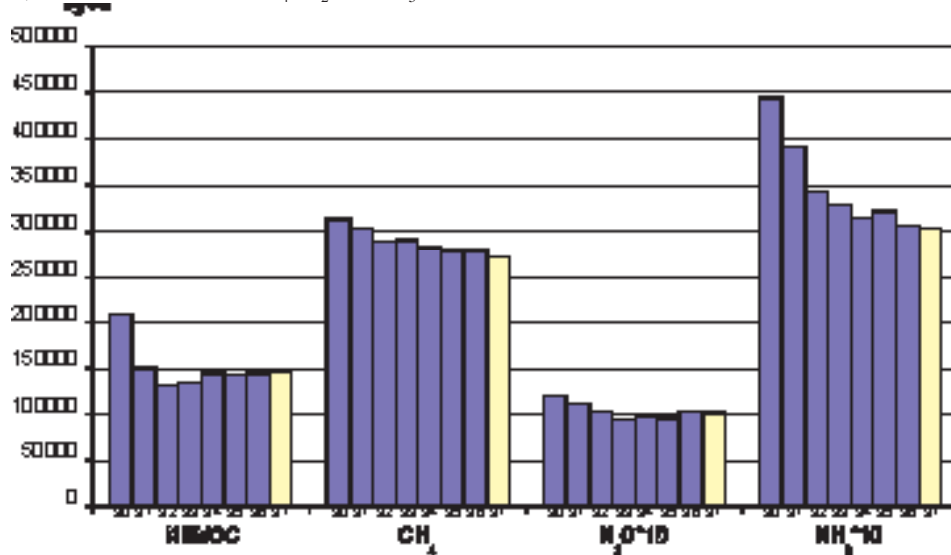
Emisija dušikovih oksida (NO_x). U emisiji NO_x najveći udjel ima cestovni promet (46 %) te ostali pokretni izvori i strojevi (18 %). Iz stacionarnih energetskih izvora emitiralo se 32 % ukupne emisije. Od ukupne emisije, čak 76 % emisije NO_x dolazi od tekućih naftnih goriva. Deset najvećih energetskih i industrijskih izvora imaju udjel u emisiji u 1997. godini od 19,7 %.

Emisija u 1997. godini iznosila je 73 371 t što je 16,6 posto manje od emisije u 1990. godini. Od 1992. godine bilježi se stalni porast emisije NO_x . Treba istaknuti da je u Hrvatskoj primjena mjera za smanjenje emisije tek u početku. Neka nova postrojenja imaju primarne mjere za smanjenje emisije (npr. TE Plomin 2), a samo jedno postrojenje sekundarne mjere za smanjenje emisije primjenom katalizatora (Pokretni uređaj za spaljivanje tehnološkog otpada PUTO). Jedino što u Hrvatskoj trenutno bitno doprinosi smanjenju emisije dušikovih oksida je povećanje broja vozila s katalizatorom. To je posljedica sve oštrijih propisa na tržištima s kojih se uvoze vozila u Hrvatsku. Trostaznim katalizatorom smanjuje se emisija NO_x za 70 do 80 %, dok primjenom oksidativnog katalizatora emisija NO_x raste. Potrebno je da gorivo ima manje od 0,05 posto sumpora jer u protivnom uvelike pada djelotvornost katalizatora. U Hrvatskoj je, u 1997. godini, 42 % ukupnog prijeđenog puta (km) osobnih vozila ostvareno s osobnim vozilima koja imaju katalizator. Ograničenje sumpora u benzinima u Hrvatskoj iznosi 0,1 %. Treba imati u vidu da vozila s katalizatorom imaju povećanu emisiju stakleničkog plina N_2O , ali to ne utječe bitno na ukupni problem emisije stakleničkih plinova u Hrvatskoj.

Emisija nemetanskih hlapivih organskih spojeva (NMVOC). Nemetanski hlapivi organski spojevi značajni su s gledišta stvaranja troposferskog ozona, indirektno utječu na zakiseljavanje i globalno zatopljenje, a neki su kao npr. benzen i ksilen veoma otrovni. Značajne količine NMVOC emitiraju se i iz prirode, posebice u krajevima s toplijom klimom. U Hrvatskoj je emisija iz prirode gotovo jednaka antropogenoj emisiji i iznosi 44,6% ukupne emisije. U ukupnoj emisiji antropogenih izvora najviše dolazi od prometa (38 %), a zatim od korištenja otpala (33 %). Najveći industrijski izvori emisije su rafinerije, organokemijska industrija i prehrambena industrija. Antropogena emisija NMVOC, nakon što je 1991. pala za tridesetak posto u odnosu na 1990., veoma blago raste i na razini je oko 80000 t/god. Iz prirode emitira se u zrak oko 67 000 tona godišnje.

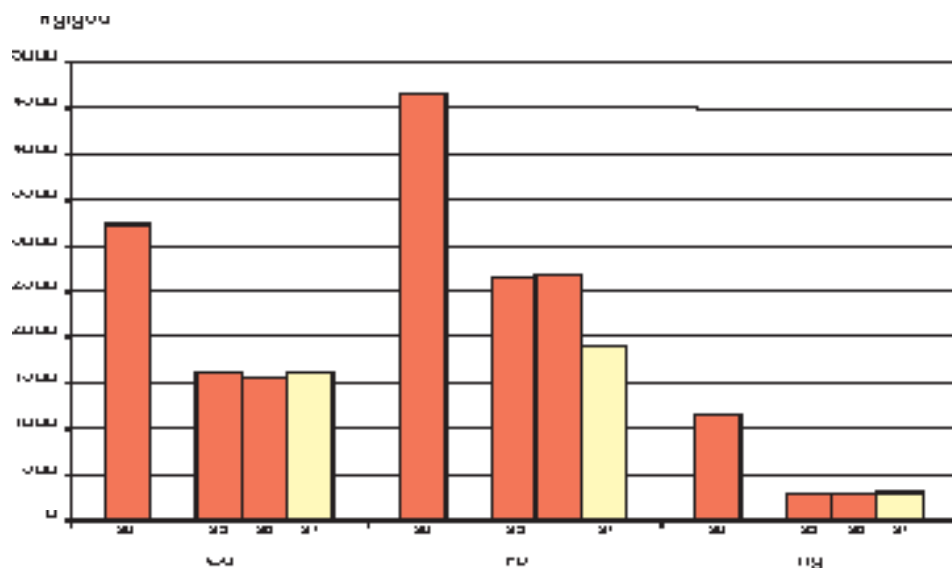
Emisija amonijaka (NH_3). Amonijak utječe na zakiseljavanje i eutrofikaciju. Za razliku od SO_2 i NO_x , zbog njegove veće reaktivnosti, veći dio vlastite emisije amonijaka ostaje na teritoriju Hrvatske. U emisiji amonijaka, ako se isključe prirodni izvori, 80 % potječe iz poljoprivrede, te 18 % od industrijske proizvodnje amonijaka, dušične kiseline i umjetnih gnojiva. Emisija amonijaka nakon 1990. godine otprilike je na istoj razini bez pokazljivog dugoročnog trenda povećanja. U 1997. godini emisija je iznosila 30 331 tonu, od čega antropogenog porijekla 22 969 tone.

Emisija ugljikovog dioksida (CO_2). Staklenički plin CO_2 jedan je od važnijih sastojaka atmosfere s koncentracijom od 0,03%. Poradi velike emisije CO_2 najviše doprinosi učinku staklenika, mada mu je staklenički potencijal mali u usporedbi s ostalim stakleničkim plinovima. Emisija CO_2 u 1997. godini iznosila je 19,8 Mt, a izgaranje goriva doprinijelo je oko 90 posto ukupne emisije. Hrvatska u ukupnoj globalnoj emisiji ima udjel od oko 0,1 posto, a u Europi oko 0,3 %. Gledano po stanovniku emisija Hrvatske je među najnižima u Europi što je posljedica male energetske potrošnje po stanovniku, relativno velikog udjela obnovljivih izvora u proizvodnji električne energije, korištenja nuklearne energije te zbog znatnog udjela prirodnog plina u ukupnoj potrošnji fosilnih goriva.

a) Emisije SO_2 , NO_x , CO i CO_2 b) Emisije NMVOC, CH_4 , N_2O i NH_3 

Slika 1: Trend emisija glavnih onečišćujućih tvari u Hrvatskoj, 1990-1997.

Emisija CO_2 nakon 1992. raste, u razdoblju od 1992.-1997. godine prosječno 3 posto godišnje. U ukupnoj emisiji energetski objekti čine 63%, nenenergetski objekti 8%, ukupni promet 25%, pridobivanje i distribucija fosilnih goriva 3% te obrada otpada 1%.



Slika 2: Trend emisije teških metala u Hrvatskoj

Emisija ugljikovog monoksida (CO). Emisija CO posljedica je nepotpunog izgaranja goriva, u motorima vozila ili u ložištima. U 1997. godini emisija CO iznosila je 368 392 tone što je oko 5% manje od emisije u 1996. godini, odnosno 44% manje od emisije u 1990. godini. Preko 95% emisije CO posljedica je izgaranja goriva, a od toga oko 50% dolazi iz mobilnih izvora. Smanjenje emisije posljedica je trajnog pada emisije CO iz cestovnog prometa zbog većeg udjela vozila sa katalizatorom. Cestovni promet emitirao je 1990. godine 393 kt, a 1997. godine 141 kt. Međutim, cestovni promet još uvijek je najveći izvor emisija CO u Hrvatskoj i u ukupnoj emisiji u 1997. čini oko 38%. Od ostalih izvora onečišćavanja zraka najviše emisije CO potječe iz ložišta i to kućnih kotlovnica i peći u domaćinstvima, onih koja koriste kruta goriva. U velikim ložištima provodi se automatska regulacija privođenja zraka i kontrola izgaranja, tako da su emisije veoma male. Primjerice, iz termoelektrana u Hrvatskoj emitira se 0,2 % emisije CO, dok se iz sektora opće potrošnje (domaćinstva, ustanove, mala privreda, poljoprivreda, šumarstvo i ribolov) u 1997. godini emitiralo 38 % CO. Veliki stacionarni izvor emisije CO je tvornica čađe iz Kutine koja sudjeluje s 10% u ukupnoj emisiji CO, no u 2000. godini očekuje se rješavanje ovoga problema ugradnjom baklje.

Emisija metana (CH₄). Metan je staklenički plin sa stakleničkim potencijalom 21 puta većim od ugljikovog dioksida. U ukupnoj emisiji stakleničkih plinova metan ima udjel od 20 %. Emisija metana u 1997. godini iznosila je 271 942 tone, od čega na prirodu otpada 144 077 tona ili 53%. Najveći izvori emisije metana su: priroda, poljoprivreda, obrada i odlaganje otpada. Emisija iz prirodnih izvora približno je konstantna (poplavljena zemljišta, močvare i tresetišta), i iznosi oko

144077 tona. Oduzme li se iz razmatranja priroda, tada poljoprivreda ima udjel 43 posto, zbrinjavanje otpada 22 %, pridobivanje i distribucija plina 27,3 %, a ostatak otpada na energetiku i industrijske procese.

Emisija metana od 1990. godine konstantno pada zbog smanjenja stočnog fonda u Hrvatskoj. U razdoblju od 1992. do 1997. antropogena emisija je padala sa stopom od oko 4 % godišnje. U narednom razdoblju očekuje se daljnji pad emisije metana, najviše zbog smanjenja stočnog fonda. Također, očekuje se smanjenje emisije zbog većeg iskorištenja plinova s deponija otpada.

Emisija didušikovog oksida (N_2O). Didušikov oksid ima 310 puta veći staklenički potencijal od ugljikovog dioksida i u ukupnoj emisiji stakleničkih plinova ima udjel od 11%. Najveći dio emisije dolazi od poljoprivrede, s obradivih površina i površina pod stalnim usjevima (51 posto), a zatim iz prirode oko 25 posto. Od industrijskih izvora, najviše emisije potječe od proizvodnje dušične kiseline. Za ovaj plin vezane su najveće nesigurnosti procjene emisije.

Emisija N_2O otprilike je na istoj razini u posljednjih sedam godina i iznosi oko 10000 tona, s promjenama unutar deset posto. Ne očekuje se značajna promjena emisije N_2O u narednom razdoblju.

Emisija teških metala. Procjena emisije teških metala za 1997. godinu obavljena je za devet teških metala, no trajniji podaci postoje samo za olovo, kadmij i živu. Sa stajališta zaštite okoliša najznačajnije su emisije olova. U 1997. godini izvori onečišćavanja emitirali su 190 tona olova u zrak, što je 40,7% niže nego u 1990. godini. Dominantno mjesto u emisiji olova, kao i ranijih godina, ima cestovni promet s udjelom od oko 95 posto. U 1997. godini udjel bezolovnoga motornog benzina je bio 42 posto te se očekuje i u daljnjim godinama stalni rast udjela bezolovnoga motornog benzina te postupno ukidanje potrošnje motornoga benzina s olovom. Emisija žive je u 1997. godini iznosila 318 kg što je 72 posto niže od emisije u 1990. godini. Do ovako drastičnog pada emisije žive došlo je poradi rekonstrukcije centralnog plinskog sustava u Molvama, čime je emisija žive svedena u dopuštene granice propisane Uredbom o graničnim vrijednostima emisija u zrak iz stacionarnih izvora. Od ostalih izvora značajni izvori emisije žive su proizvodnja cementa, stakla, čelika, obojenih metala, termička obrada otpada, petrokemijska industrija, uporaba abraziva u metalnoj industriji, te izgaranje ogrjevnog drva u malim kućnim pećima i uslužnim djelatnostima.

Emisija kadmija je u 1997. godini iznosila 1621 kg što je 50 % ukupne emisije kadmija u 1990. godini. Najveće učešće u emisiji imaju stacionarni energetske izvori (88%) i to prije svega poradi izgaranja tekućih naftnih goriva. Emisija kadmija iz prometa posljedica je više trošenja guma nego izgaranja goriva i u 1997. godini iznosila je 9,1 %. Od ostalih izvora onečišćavanja kadmij se emitira u zrak iz proizvodnih procesa dobivanja željeza, čelika, cementa, stakla, obojenih metala, umjetnih gnojiva i drugo, no njihov udjel u ukupnoj emisiji kadmija iznosi svega 0,02 %. Smanjenje emisije kadmija u promatranom razdoblju posljedica je promjene u gospodarstvu te poboljšanja voznog parka u državi.

2.2. Ocjena stanja

Na temelju godišnjeg proračuna emisije onečišćujućih tvari u zrak iz izvora onečišćavanja u Republici Hrvatskoj, te praćenja stanja emisija po sektorima u razdoblju 1990-1997. može se zaključiti sljedeće:

- najveće godišnje emisije zabilježene su 1990. godine, u razdoblju 1991.-1995. dolazi do značajnog pada emisija svih onečišćujućih tvari kao posljedica ratnih zbivanja, pada gospodarskih aktivnosti, smanjenja energetske potrošnje i zatvaranja određenog broja većih izvora onečišćavanja zraka;
- u 1997. godini bilježi se ponovni rast emisija onečišćujućih tvari što je posljedica povećanja energetske potrošnje za 15,4 posto u odnosu na 1996. godinu, ali još uvijek za 25 posto manje nego u 1990. godini;
- energetika (izgaranje goriva u svim sektorima) sudjeluje u ukupnoj emisiji SO_2 oko 98%, u emisiji NO_x oko 95% i u emisiji CO_2 oko 88%;
- promet sudjeluje u ukupnoj godišnjoj emisiji NO_x oko 65%, u emisiji CO oko 47%, u emisiji NMVOC oko 25%, u emisiji CO_2 oko 24 posto i u emisiji olova oko 98%;
- gledajući zemljopisno, najviše SO_2 ispušta se u Primorsko-goranskoj županiji, Istarskoj županiji i Zagrebačkoj županiji (sa gradom Zagrebom), NO_x u Primorsko-goranskoj županiji, Krapinsko-zagorskoj županiji i Zagrebačkoj županiji, dok se CO_2 najviše emitira u sjeverozapadnom dijelu Hrvatske;
- emisija onečišćujućih tvari iskazana po stanovniku i površini manja je od prosječne emisije u zemljama Europske unije, izuzimajući emisiju olova.

Ovdje je potrebno istaknuti da su veći onečišćivači, svjesni negativnog utjecaja proizvodnih procesa na kakvoću zraka, vode, tla, mora, te u skladu s donijetim propisima, započeli s određenim aktivnostima u cilju saniranja negativnog utjecaja proizvodnih procesa na okoliš. Od značajnih tehnoloških zahvata želimo istaknuti da su velika materijalna ulaganja uložena u 1996/97. u Rafineriji nafte Urinj za izgradnju postrojenja HDS/MHC (hidrodesulfuracija i blagi hidrokreking) i za rekonstrukciju Claus postrojenja čime se poboljšava kakvoća dizel goriva te smanjuje ispuštanje u zrak sumporovog dioksida za oko 20% i dušikovih oksida za oko 17%. Tvornica cementa Koromačno potpuno je rekonstruirala svoju proizvodnju, ugradila nove filtre i ugradila kontinuirani monitoring emisija SO_2 , NO_x i krutih čestica. U PLOMIN-u I u postupku je ugradnja novih filtara dok će PLOMIN II biti izgrađen sa jedinicom za desulfurizaciju otpadnih plinova čime će se u potpunosti ispoštovati propisane stroge granične vrijednosti emisija za velika ložišta.

Zaključak

Kakvoća se zraka u naseljima započela kontinuirano mjeriti u Zagrebu, 1964. godine, mjerenjem općih onečišćenja (SO_2 , dima i taložne tvari). Danas se kakvoća zraka prati u 41 gradu ili gradskom naselju, na ukupno 123 postaje. Najčešće je zastupljeno praćenje SO_2 , dima i ukupne taložne tvari. Praćenjem kakvoće zraka postojećom monitoring mrežom obuhvaćeno je oko 38% cjelokupnog stanovništva

Hrvatske, ali 90% stanovnika gradova ili gradskih naselja. Pokrivenost praćenjem, u iznosu od 90 % gradskog stanovništva, apsolutno je zadovoljavajuća no niz drugih čimbenika ukazuje na potrebu revizije i/ili optimalizacije postojećeg sustava praćenja kakvoće zraka.

Bez obzira na značajno smanjene emisije svih onečišćujućih tvari (u odnosu na 1990. god.) i manju specifičnu emisiju (emisija / stanovnik, ili / km²), u odnosu na prosječne emisije zemalja EU, (s izuzetkom olova) i dalje u Hrvatskoj postoji problem onečišćenja zraka. Pojava prekomjernog (III kategorija) ili umjerenog (II kategorija) onečišćenja zraka bilježi se već niz godina u gradovima: Zagrebu, Rijeci, Splitu, Sisku, Šibeniku, Puli i Kutini. Uzrok pojavi povećanog onečišćenja zraka u gradovima i gradskim naseljima je ispuštanje onečišćujućih tvari u zrak iz mobilnih izvora, pojedinih tehnoloških procesa te izgaranje goriva u ložištima. Na temelju obavljenih prvih mjerenja emisija, izvršenog proračuna emisija te praćenja petogodišnjeg trenda onečišćenja zraka u naseljima može se zaključiti da je znatan broj stanovnika izložen prekomjerno ili umjereno onečišćenom zraku. Gradovi ili gradska naselja u kojima se javljaju ovakva onečišćenja zahtijevaju dodatnu pozornost glede zaštite zraka, kako po broju i načinu praćenja kritičnih pokazatelja tako i po kvalitetnijem nadzoru stacionarnih i mobilnih izvora glede ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak.

Literatura

1. Zakon o zaštiti zraka, (Narodne novine, br. 48/95.)
2. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka (Narodne novine, br. 101/96. i br. 2/97.)
3. IMI - Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada Zagreb: Izvještaji o praćenju onečišćenja atmosfere na području Republike Hrvatske za 1995., 1996., 1997., 1998. godinu
4. Council Directive 85/210/EEC of 20 March 1985. on the approximation of the laws of the Member States concerning the lead content of petrol
5. Strategija prostornog uređenja Republike Hrvatske, Hrvatski državni sabor, 27. lipnja 1998.
6. Izvješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj, sažetak (Narodne novine, br. 88/98.).
7. DUZPO, EKONERG (1995.): Emisija onečišćujućih tvari u atmosferu u Hrvatskoj za 1990-1994. godinu.
8. REC, OECD i World Bank (1994.): Environmental Action Programme for Central and Eastern Europe.
9. DUZPO, EKONERG (1996.): Emisija onečišćujućih tvari u atmosferu u Hrvatskoj za 1995. godinu.
10. DUZPO, EKONERG (1997.): Emisija onečišćujućih tvari u atmosferu u Hrvatskoj za 1996. godinu.
11. DUZPO, EKONERG (1998.): Emisija onečišćujućih tvari u atmosferu u Hrvatskoj za 1997. godinu.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Barbalić, M.¹, Nećak, J.¹

Zaštita zraka u pravnom sustavu Republike Hrvatske

Sažetak: *U cjelovitom i veoma složenom sustavu upravljanja okolišem, za koji se može reći da je dinamički sustav međusobno povezanih i međuovisnih mjera zaštite okoliša, bitna sastavnica je zaštita zraka. Uspješna zaštita i poboljšanje kakvoće zraka predmnijeva praćenje i utvrđivanje kakvoće zraka, mjerenje emisije onečišćujućih tvari u otpadnom plinu izvora onečišćavanja zraka, provedbu mjera za sprečavanje i smanjivanje onečišćavanja zraka, uspostavu baze podataka o stanju kakvoće zraka te njihovu dostupnost javnosti.*

U članku je dan prikaz ovlasti i dužnosti jedinica lokalne samouprave i obveza pravnih i fizičkih osoba u ostvarenju provođenja zaštite i poboljšanja kakvoće zraka koje proizilaze iz međunarodnih ugovora čija je stranka Republika Hrvatska, Zakona o zaštiti zraka, Zakona o zaštiti okoliša, Zakona o otpadu te provedbenih propisa koji su donijeti na temelju ovih zakona.

Air Quality Protection in the Legal System of the Republic of Croatia

Summary: *Air quality protection is an important component of the integrated and extremely complex environmental management system, which could be characterised as a dynamic system of interconnected and interdependent environmental measures. Successful air quality protection and improvement implies monitoring and determining air quality values, measuring waste gas pollutant emissions from the source, implementation of air pollution prevention and reduction measures, establishment of an air quality database and ensuring its accessibility to the public.*

The paper gives an overview of competences and tasks of the units of local self-government and rights and responsibilities of legal and natural persons in the realisation of air quality protection and improvement. They arise from the international treaties a party to which is the Republic of Croatia, and from the Law on Air Quality Protection, Law on Environmental Protection, Law on Waste and enforcement regulations enacted on their basis.

¹ Mirela Barbalić, Jasenka Nećak, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb

Uvod

Okoliš je opće dobro od interesa za državu i ima njezinu osobitu zaštitu. Zakon o zaštiti okoliša² daje zakonsku definiciju okoliša - *“Okoliš je prirodno okruženje: zrak, tlo, voda i more, klima, biljni i životinjski svijet u ukupnosti uzajamnog djelovanja i kulturna baština kao dio okruženja kojeg je stvorio čovjek.”*

Cjelovito očuvanje okoliša u suvremenom svijetu pretpostavlja, između ostalog, osmišljenu politiku zaštite zraka koja zahtijeva cjelovito upravljanje prirodom i okolišem, uz trajno uvažavanje izvornosti, biološke raznolikosti prirodnih zajednica i ekološke stabilnosti, racionalno korištenje prirodnih izvora i energije na najpovoljniji način za zrak. Cilj takve politike je očuvanje i smanjenje rizika za život i zdravlje ljudi te ostvarenje osnovnog uvjeta zdravog i održivog razvoja. Politika zaštite zraka mora biti uključena izravno u politiku općeg gospodarskog razvoja, jer nedovoljno osmišljena obnova i gospodarski razvitak povećavaju mogućnost nepovoljnih utjecaja na onečišćavanje zraka, odnosno kakvoću zraka. Svi društveni subjekti su obvezni osobitu skrb posvetiti zaštiti i poboljšanju kakvoće zraka. U cilju zaštite okoliša i zdravlja ljudi, što predmnijeva i zaštitu zraka, mogu se zakonom ograničiti poduzetničke slobode i vlasništvo, koje su inače temelj gospodarskog ustroja Republike Hrvatske.

Temeljni zakon u pravnom područja zaštite okoliša koji uređuje zaštitu i poboljšanje kakvoće zraka je Zakon o zaštiti zraka. Zakon određuje mjere, način organiziranja i provođenja zaštite i poboljšanja kakvoće zraka u svrhu očuvanja zdravlja, biljnog i životinjskog svijeta, kulturnih i materijalnih vrijednosti, postizanje bolje kakvoće zraka, sprječavanje ili barem smanjivanje onečišćenja koja utječu na promjenu klime te uspostavljanje, održavanje i unaprjeđivanje cjelovitog sustava upravljanja kakvoćom zraka na teritoriju države uzimajući u obzir i dalekosežno prekogranično onečišćenje zraka.

Zaštita i poboljšanje kakvoće zraka uređeni su brojnim međunarodnim ugovorima čija je stranka Republika Hrvatska, Zakonom o zaštiti okoliša kojim su određena obvezna polazišta u zaštiti okoliša na temelju opće prihvaćenih načela i načela međunarodnog prava, Zakonom o otpadu i Zakonom o prirodi te drugim zakonima čije norme sadrže odredbe kojima se postiže zaštita zraka te provedbenim propisima donesenim na temelju tih zakona.

Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, središnje tijelo državne uprave za ovo upravno područje zaštite okoliša, obavlja upravne i stručne poslove koji se odnose na opću politiku zaštite okoliša - zraka.

Općina, grad, Grad Zagreb i županija unutar samoupravnog djelokruga uređuju, organiziraju, financiraju i unapređuju poslove zaštite zraka, sukladno navedenim propisima.

2 Popis propisa, koji se navode u ovom radu, s oznakom Narodnih novina u kojima su objavljeni dan je u prilogu ovog članka

Pravne i fizičke osobe, vlasnici i/ili korisnici izvora onečišćavanja zraka odgovorni za emisije – onečišćivači, moraju postupati sukladno navedenim propisima te poduzimati sve propisane mjere koje osiguravaju zaštitu i poboljšanje kakvoće zraka. Nastavno, u ovom radu dan je prikaz ovlasti i dužnosti općine, grada, Grada Zagreba i županije unutar samoupravnog djelokruga, te prava i obveze pravnih i fizičkih osoba u ostvarenju provođenja zaštite i poboljšanja kakvoće zraka, koje su određene propisima koji isključivo uređuju zaštitu okoliša, odnosno zaštitu zraka.

Ovlasti i dužnosti općine, grada, Grada Zagreba i županije unutar samoupravnog djelokruga u provođenju zaštite i poboljšanja kakvoće zraka

Predstavničko tijelo županije, Grada Zagreba, grada i općine osigurava učinkovitost zaštite okoliša donošenjem programa zaštite okoliša te drugih dokumenata važnih za zaštitu okoliša.

Programi zaštite i poboljšanja kakvoće zraka sastavni su dio programa zaštite okoliša. Ovi programi, sukladno zakonskom određenju što se mora utvrditi programom zaštite okoliša, a u skladu s regionalnim i lokalnim posebnostima, osobito sadrže: stanje onečišćenja zraka, uspostavu područne mreže za praćenje kakvoće zraka i mjere za sprječavanje i smanjenje onečišćavanja zraka.

Skupština županije i Grad Zagreb, unutar svoga izvješća o stanju okoliša i provođenja programa donosi *izvješće o stanju zraka*, koje objavljuje u svom službenom glasilu.

Predstavničko tijelo jedinice lokalne samouprave, na temelju spomenutog programa zaštite i poboljšanja kakvoće zraka, uspostavlja *područnu mrežu za praćenje kakvoće zraka*, određuje lokacije postaja, donosi program mjerenja i osigurava njegovu provedbu. Programi mjerenja moraju uvažiti posebnosti područja.

Postojeće postaje za praćenje kakvoće zraka, uspostavljene na temelju propisa koji su važili do stupanja na snagu *Zakona o zaštiti zraka*, ulaze u sustav područne mreže koja se ustrojava po odredbama *Zakona o zaštiti zraka*, ako jedinica lokalne samouprave ne odluči drukčije.

Predstavničko tijelo jedinice lokalne samouprave može, uz prethodnu suglasnost Vlade Republike Hrvatske, za svoje područje odrediti strože granične vrijednosti kakvoće zraka od propisanih *Uredbom o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka*, po pribavljenom mišljenju Državne uprave za zaštitu prirode i okoliša.

Poslovi praćenja kakvoće zraka smatraju se stručnim poslovima zaštite okoliša. Ti se poslovi mogu povjeriti pravnim osobama koje su ishodile suglasnost Državne uprave za zaštitu prirode i okoliša za obavljanje poslova praćenja kakvoće zraka i emisija u zrak. Uvjeti koje moraju udovoljavati pravne osobe za obavljanje spomenutih stručnih poslova propisani su *Uredbom o uvjetima za izdavanje suglasnosti za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša*.

Broj pravnih osoba koje imaju suglasnost

Od dana stupanja na snagu ove Uredbe pa do 1. srpnja 1999. godine 27 tvrtki ishodilo je suglasnost Državne uprave za zaštitu prirode i okoliša za obavljanje poslova praćenja kakvoće zraka i emisija u zrak. U tih 27 tvrtki na navedenim poslovima angažirano je oko 140 visokoobrazovanih stručnjaka, od čega su 30% doktori ili magistri znanosti. Među tvrtkama postoji određena različitost glede tehničke opremljenosti. Kakvoću zraka pretežito ispituju zavodi za javno zdravstvo, odnosno 11 tvrtki bavi se pretežito mjerenjima imisijskih koncentracija onečišćujućih tvari u zraku.

Na temelju podataka o stupnju onečišćenosti zraka iz područne mreže, skupština županije i/ili Grad Zagreb i gradsko vijeće određuje područje kakvoće zraka na svom teritoriju. Kakvoća zraka određena je kategorijama, međusobno razgraničenim preporučenim vrijednostima i graničnim vrijednostima kakvoće zraka (Uredba o preporučenim vrijednostima i graničnim vrijednostima kakvoće zraka). Tim vrijednostima određene su tako tri kategorije kakvoće zraka.

Izdvajamo:

Grad je Pula, po donošenju Zakona o zaštiti zraka, prva u Državi uspostavila automatsku postaju za praćenje kakvoće zraka povezanu s displejem u centru grada, u svrhu pravovremenog i trajnog informiranja javnosti o stanju onečišćenosti zraka na određenom području.

Praćenje kakvoće zraka može se uspostaviti i na temelju izrađene procjene utjecaja na okoliš za određeni zahvat u okolišu i/ili na temelju propisanih mjera zaštite okoliša. Od stupanja na snagu Zakona o zaštiti zraka, a na temelju propisanih mjera zaštite okoliša, kakvoća zraka se prati u okolici INA Rafinerije Urinj, PUTO Zagreb, a u postupku je uspostava mjerenja kakvoće zraka u okolici termoelektrane Plomin II i EL-TO Zagreb.

Ako se, prema stupnju onečišćenosti, utvrdi područje *druge kategorije kakvoće zraka* predstavničko tijelo jedinice lokalne samouprave je dužno donijeti *program mjera za smanjivanje onečišćavanja zraka* kako bi se postupno postigle preporučene vrijednosti kakvoće zraka te osigurava u svom proračunu sredstva za njegovu izradu. Program mjera obvezatno sadrži: analizu postojećeg stanja onečišćavanja zraka, utvrđivanje uzroka onečišćenosti zraka, program kratkoročnih i dugoročnih mjera za smanjivanje emisije onečišćujućih tvari u zrak, redoslijed ostvarivanja pojedinih mjera s rokovima izvršenja i procjenu troškova izvršenja pojedinih mjera. U području *treće kategorije kakvoće zraka*, gdje je zrak onečišćen zbog emisija skupnih izvora (kao što su kućna ložišta, promet i slično) izrađuje se cjelovit *sanacijski program*. Pripremu i izradu sanacijskog programa te redoslijed i prioritet u provedbi određuje poglavarstvo jedinice lokalne samouprave, a sredstva za izradu ovoga programa osiguravaju se iz proračuna jedinice lokalne samouprave. Grad Zagreb, grad i općina dužni su narediti primjenu posebnih mjera zaštite građana i način njihova ostvarivanja ako se na nekom području, pod posebno

nepovoljnim vremenskim uvjetima, pojavljuje onečišćenje zraka kritičnih razina koje može akutno štetno djelovati na zdravlje ljudi i okoliš.

Predstavničko tijelo jedinice lokalne samouprave može odrediti strože granične vrijednosti emisija od propisanih u *Uredbi o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora*:

- za zahvate u okoliš za koje je određena obvezatna procjena utjecaja na okoliš,
- za sanacijske programe svoga područja.

Za donošenje takvih odluka potrebna je prethodna suglasnost Državne uprave za zaštitu prirode i okoliša.

U gradovima iznad 40000 stanovnika upravna tijela nadležna za zaštitu okoliša dužna su osigurati prikupljanje podataka o emisijama u zrak iz kolektivnih izvora te prikupljene i obrađene podatke na propisanim obrascima dostaviti do 31. ožujka tekuće godine za proteklu godinu županijskom uredu odnosno uredu Grada Zagreba nadležnom za zaštitu okoliša.

Jedinica lokalne samouprave je dužna osigurati pravo pojedinca-građanina na informacije o stanju kakvoće zraka, utjecaju predviđenih i ostvarenih zahvata na zrak, mjerama za sprječavanje i smanjivanje onečišćenja zraka te drugim podacima važnim za zaštitu zraka, osim kada je posebnim zakonom propisano čuvanje državne, vojne, službene ili poslovne tajne.

Javnost se mora obavješćivati o prekoračenjima propisanih razina onečišćavanja zraka. Također, u slučaju posebno nepovoljnih vremenskih uvjeta, kada se mogu pojaviti onečišćenja zraka kritičnih razina koje mogu akutno štetno djelovati na zdravlje ljudi i okoliš, obvezatno se obavješćuju građani putem sredstava javnog priopćavanja ili na drugi prikladan način.

Podaci kakvoće zraka iz područne mreže su javni i moraju se objaviti jednom godišnje u službenom glasilu jedinice lokalne samouprave i uprave. Također su sastavni dio informacijskog sustava zaštite okoliša i razvrstavaju se u tematsko područje "zrak", odnosno u njegovo podpodručje "stanje" (*Uredba o informacijskom sustavu zaštite okoliša*).

Obveze i prava pravnih i fizičkih osoba

Pravna i fizička osoba, vlasnik ili korisnik izvora onečišćavanja zraka, odgovorna je za ispuštanje onečišćujućih tvari u zrak i smatra se onečišćivačem zraka.

Onečišćivač je obvezatan izvor onečišćavanja zraka izgraditi i/ili proizvesti, odnosno opremiti, rabiti i održavati tako da ne ispušta u zrak onečišćavajuće tvari iznad graničnih vrijednosti emisija te prijaviti izvor koji onečišćuje zrak i svaku promjenu na njemu (rekonstrukciju) županijskom uredu i/ili Gradskom uredu Grada Zagreba nadležnom za zaštitu okoliša, odnosno njihovim ispostavama. Odgovoran je za svako odstupanje od propisane i/ili ispravne uporabe uređaja i opreme u proizvodnji ili za odstupanje od proizvodnih postupaka, odnosno korištenja čije posljedice nisu predvidive po okoliš. U slučaju prouzrokovanja onečišćenja zraka opasnog po život i zdravlje ljudi i okoliš, odgovorna osoba kojoj

su poznate, ili mogu biti poznate okolnosti koje ukazuju na taj rizik dužna je, bez odgađanja, poduzeti odgovarajuće mjere radi otklanjanja opasnosti i o tome obavijestiti inspektora zaštite okoliša. Onečišćivač koji prouzroči onečišćavanje zraka odgovara za nastalu štetu, po načelu objektivne odgovornosti prema općim pravilima obveznog prava. Za onečišćavanje okoliša odgovara ako je nezakonitim i/ili nepravilnim djelovanjem omogućio ili dopustio onečišćavanje okoliša. Onečišćivač snosi troškove nastale onečišćavanjem okoliša. Troškovi onečišćavanja zraka obuhvaćaju troškove nastale onečišćavanjem zraka, troškove sanacije i troškove pravične naknade.

Određivanjem standarda zaštite okoliša, između kojih su i granične vrijednosti emisija, određuju se granice do kojih je onečišćavanje okoliša prihvatljivo. U cilju zaštite zraka propisani su također i standardi kakvoće tekućih naftnih goriva (*Uredba o standardima tekućih naftnih goriva*). Proizvođači, trgovci i uvoznici dužni su uz pošiljku tekućih naftnih goriva priložiti popunjen obrazac TNG - Izjavu sukladnosti sa standardima kakvoće tekućih naftnih goriva. Izjavom o sukladnosti poslodavac potvrđuje da tekuće naftno gorivo odgovara propisanim standardima. Neprilaganje Izjave o sukladnosti povlači kaznenu odgovornost za prekršaj.

Granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora određene su Uredbom o graničnim vrijednostima emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora kojom su propisane opće granične vrijednosti emisije te granične vrijednosti emisije za pojedine tehnološke procese, uređaje za loženje, plinske turbine, motore sa unutarnjim izgaranjem te za procese termičke obrade otpada.

Onečišćivač, odnosno vlasnik ili korisnik postojećeg stacionarnog izvora onečišćavanja zraka bio je dužan osigurati prvo mjerenje emisije onečišćujućih tvari do 30. rujna 1998. godine, osim za vrlo mala i mala ložišta za koja je prvo mjerenje morao obaviti do 1. ožujka 1999. godine. Ukoliko nije propisan način praćenja emisija Uredbom, na temelju prvoga mjerenja utvrđuje se daljnji oblik praćenja emisije: povremeno, kontinuirano i posebno mjerenje.

Onečišćivač, vlasnik i/ili korisnik stacionarnog izvora za koje je određeno kontinuirano praćenje emisije dužan je provoditi povremena mjerenja sve dok nije pušten u rad sustav za kontinuirano mjerenje emisija.

Prva mjerenja

Na temelju dostavljenih podataka o obavljenom mjerenju emisija, koje su dostavili županijskom uredu onečišćivači, može se utvrditi kako su za sve veće stacionarne izvore: termoelektrane i toplane toplinske snage veće od 50 MW, rafinerije nafte, tvornice cementa, tvornice stakla, petrokemijsku industriju u Kutini i Omišlju, te farmaceutsku industriju, obavljena prva mjerenja.

Rezultati mjerenja emisija ukazuju kako su emisije osnovnih onečišćujućih tvari SO₂, NO_x i krutih čestica, u većini slučajeva, veće od propisanih GVE Uredbom, ali se nalaze u granicama privremeno dopuštenog trostrukog iznosa.

Onečišćivač, vlasnik i/ili korisnik izvora onečišćavanja zraka obvezatan je osigurati da se pri mjerenjima posebno utvrde:

- parametri stanja otpadnih plinova,
- koncentracije onečišćujućih tvari u otpadnim plinovima,
- količine onečišćujućih tvari u otpadnim plinovima, emisijski udjeli, stupnjevi pročišćavanja, emisijski faktori, pogonski parametri i drugi parametri otpadnih plinova, za koje su Uredbom o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak propisane granične vrijednosti ili način utvrđivanja emisije onečišćujućih tvari u zrak.

Onečišćivač je dužan o prvim, povremenim, posebnim i kontinuiranim mjerenjima voditi očevidnik. Očevidnik sadrži podatke o mjernim mjestima, rezultatima mjerenja, primijenjenom mjernom postupku, uvjetima stacionarnog izvora te radu uređaja za smanjenje emisije, koji su značajni za ocjenu pojedinačnih vrijednosti i rezultata mjerenja. Valja naglasiti da se u očevidnik unose i podaci o vrsti upotrijebljenog goriva i sirovine. Očevidnik se čuva pet godina.

Primjer dobro izrađenog izvještaja, između ostalog, sadrži:

- podatke o pravnoj osobi koja je obavila mjerenje
- presliku uvjerenja o umjerenosti mjernog uređaja
- podatke o izvoru onečišćavanja i onečišćivaču
- glavne tehničke značajke izvora onečišćavanja, namjenu i vrstu mjerenja
- mjereno mjesto, mjesto uzimanja uzoraka, prikaz na procesnoj shemi postrojenja,
- primijenjene propise i mjerne postupke i uređaje
- provedbu pojedinačnih mjerenja, značajke rada pogona i posebnosti rada, te pogonske parametre (vrsta i količina upotrijebljenog goriva, opterećenje, stanje uređaja za pročišćavanje, itd.) i parametre otpadnih plinova
- rezultate svakog pojedinačnog mjerenja
- vrednovanje rezultata mjerenja emisija s propisanim graničnim vrijednostima emisija
- ime i potpis odgovorne osobe za mjerenje i izradu izvješća

Smatra se da će onečišćivač, u cilju osiguravanja podataka koje mora unijeti u očevidnik, od pravne osobe koja ima suglasnost za obavljanje stručnih poslova praćenja kakvoće zraka i emisija u zrak, tražiti pisano izvješće koje će sadržavati podatke potrebne za očevidnik.

Od 27 pravnih osoba koje su dobile suglasnost za obavljanje stručnih poslova praćenja kakvoće zraka i emisija u zrak, njih 18 mjeri emisije onečišćujućih tvari u otpadnim plinovima iz stacionarnih izvora. Glede praćenja emisija može se reći da su tvrtke pretežito opremljene za mjerenje osnovnih onečišćujućih tvari u otpadnim plinovima kao što su SO₂, NO_x, CO i krute čestice.

Pri donošenju Uredbe vodilo se računa o mogućnostima domaćeg gospodarstva te su za stacionarne izvore koji postoje ili su u izgradnji na dan stupanja na snagu Uredbe o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora dane blaže granične vrijednosti emisija i određeni su rokovi do kojih se moraju udovoljiti strože granične vrijednosti.

Tako se za navedene stacionarne izvore odredbe Uredbe obično primjenjuju od 1. srpnja 2004. godine. Ovi stacionarni izvori, osim uređaja za loženje i motora s unutarnjim izgaranjem, smiju prekoračiti granične vrijednosti određene za njihove emisije u trostrukom iznosu do 1. srpnja 2004. godine. Za postojeće tehnološke procese: proizvodnju stakla, cementa, mineralnih gnojiva, anorganskih kiselina, čađe, mineralnih gnojiva i žarenja boksita, dolomita, magnezita, gipsa, vapnenca, kvarcita, šamota i diatomejske zemlje daju se blaže granične vrijednosti emisije za pojedine onečišćujuće tvari, a koje vrijede do 1. siječnja 2008. godine. Od 1. siječnja 2008. godine ovi stacionarni izvori moraju udovoljiti propisanim graničnim vrijednostima za nove stacionarne izvore. Na velike uređaje za loženje koji postoje na dan stupanja na snagu Uredbe, a koji će od 1. srpnja 2004. godine raditi manje od 30 000 sati do kraja uporabe ili će biti u radu manje od 2 000 sati godišnje, primjenjuju se propisane blaže granične vrijednosti emisije.

U županijskom uredu nadležnom za zaštitu okoliša vodi se katastar emisija u okoliš. Katastar emisija u okoliš je skup podataka o izvorima onečišćavanja, vrsti, količini, načinu i mjestu ispuštanja, istjecanja ili odlaganja štetnih tvari iz određenog izvora u okoliš (*Pravilnik o katastru emisija u okoliš*).

Onečišćivač koji unutar svoje djelatnosti ima u vlasništvu, ili koristi pojedinačni izvor onečišćavanja zraka obvezatan je dostavljati svoje osobne podatke, podatke o djelatnosti te podatke o emisijama u zrak, na propisanim obrascima u katastar emisija u okoliš do 31. ožujka tekuće godine za proteklu godinu župnijskom uredu odnosno uredu Grada Zagreba nadležnom za zaštitu okoliša.

U okolici izvora onečišćenja zraka, onečišćivač osigurava i financira mjerenje u skladu s procjenom utjecaja na okoliš, odnosno utvrđenim mjerama zaštite zraka. U području druge kategorije kakvoće zraka, na temelju programa mjerenja, onečišćivač je obvezatan primijeniti i financirati utvrđene mjere za smanjivanje zraka., a u području treće kategorije kakvoće zraka onečišćivač je dužan izraditi i financirati sanacijski program.

Onečišćivač, vlasnik ili korisnik odlagališta otpada I. kategorije, mora osigurati skupljanje i obrađivanje odlagališnih plinova od 1. siječnja 2002. godine te mjeriti u odlagališnom plinu koncentracije propisanih onečišćujućih tvari (*Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom*). Onečišćivač, vlasnik ili korisnik odlagališta opasnog otpada mora uzorkovati i određivati sastav odlagališnih plinova, ako nastaju, četiri puta godišnje (*Uredba o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom*). Republika Hrvatska je stranka Montrealskog protokola o tvarima koje oštećuju ozonski omotač. Obveza ograničenja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač za Hrvatsku započinje u 1999. godini. Na temelju Uredbe o tvarima koje oštećuju ozonski omotač, pravne i/ili fizičke osobe koje se bave uvozom/izvozom tih tvari

dužne su: ishoditi dopuštenje od Ministarstva gospodarstva - zahtjev se podnosi na propisanom obrascu, voditi očevidnik o uvozu/izvozu tvari koje oštećuju ozonski omotač koji mora sadržavati propisane podatke, te dostavljati podatke iz očevidnika na propisanom obrascu Državnoj upravi za zaštitu prirode i okoliša. Od 1. siječnja 2000. pravne i/ili fizičke osobe dužne su: prilikom održavanja i/ili popravka rashladnih i klima-uređaja, ako sadrže tvari koje oštećuju ozonski omotač, tvari prikupiti u uređaj za te namjene; prilikom isključivanja iz uporabe rashladnih i klima-uređaja ili sredstva za gašenje požara, ako sadrže tvari koje oštećuju ozonski omotač, prethodno osigurati prikupljanje tih tvari, prije odlaganja na odlagalište otpada; pravna i/ili fizička osoba koja se bavi djelatnošću odlaganja komunalnog otpada - rashladnih i klima-uređaja koji su upotrebljavani u kućanstvu, mora osigurati prethodno prikupljanje tvari koje oštećuju ozonski omotač. Također, ako se s tim proizvodima postupa na drukčiji način, obrađivač mora prethodno prikupiti tvari koje oštećuju ozonski omotač. O svakom prethodno navedenom slučaju pravna i/ili fizička osoba mora voditi očevidnik u koji unosi propisane podatke te podatke iz očevidnika dostaviti do 31. siječnja tekuće godine za proteklu kalendarsku godinu Državnoj upravi za zaštitu prirode i okoliša.

Od 1. srpnja 1999. godine pri uvozu i stavljanju u promet na hrvatsko tržište određenih proizvoda pravna i/ili fizička osoba dužna je priložiti propisani obrazac u kojem izjavljuje da proizvod ne sadrži tvari koje oštećuju ozonski omotač, te uz svaki proizvod priložiti deklaraciju u kojoj je naznačeno da proizvod ne sadrži tvari koje oštećuju ozonski omotač.

Također je važna obveza onečišćivača koja proizilazi iz načela javnosti, a predmnjeva osiguravanje javnosti na dostupnost podataka o okolišu. Onečišćivači koji svojom djelatnošću onečišćavaju okoliš a raspolažu: podacima o stanju okoliša, utjecaju predviđenih i ostvarenih zahvata u okoliš, mjerama zaštite okoliša i drugim podacima važnima za okoliš, dužni su osigurati dostupnost javnosti tim podacima, osim kada je posebnim zakonom propisano čuvanje državne, vojne, službene ili poslovne tajne.

Popis propisa s oznakom Narodnih novina u kojima su objavljeni

Zakon o ustrojstvu i djelokrugu ministarstava i državnih upravnih organizacija
Narodne novine, broj 22/94, 92/96, 131/97 i 48/99.

Zakon o zaštiti okoliša, Narodne novine, broj 82/94

Uredba o procjeni utjecaja na okoliš, Narodne novine, broj 34/97, 37/97

Uredba o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva, Narodne novine, broj 76/97, 66/99

Uredba o uvjetima za izdavanje suglasnosti za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša, Narodne novine, broj 7/97

Pravilnik o katastru emisija u okoliš, Narodne novine, broj 36/96

Objava popisa pravnih osoba kojima je izdana suglasnost za obavljanje stručnih poslova zaštite okoliša, Narodne novine, broj 7/97, 3/99

Uredba o informacijskom sustavu zaštite okoliša, Narodne novine, broj 74/99

Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine, broj 48/95

Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, Narodne novine, broj 101/96, 2/97

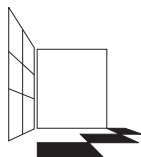
Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, Narodne novine, broj 140/97

Uredba o tvarima koji oštećuju ozonski omotač, Narodne novine, broj 7/99, 20/99

Zakon o otpadu, Narodne novine, broj 34/95

Uredba o uvjetima za postupanje s opasnim otpadom, Narodne novine, broj 32/98

Pravilnik o uvjetima za postupanje s otpadom, Narodne novine, broj 123/97



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Mesić, H.¹, Nećak, J.¹

Provedba Nacionalnog programa za ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač

Sažetak: *Obzirom na nisku potrošnju tvari koje oštećuju ozonski omotač - manju od 0,3 kg po stanovniku tvari iz Dodatka A (CFC i haloni) i potrošnjom manjom od 0,2 kg po stanovniku tvari iz Dodatka B (ugljik tetraklorid i metil kloroform), Republika Hrvatska se ubraja u tzv. zemlje iz članka 5. Montrealskog protokola o tvarima koje oštećuju ozonski omotač.*

Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša nadležna je za provedbu Montrealskog protokola u Republici Hrvatskoj. Prihvatanjem Montrealskog protokola i njegovih izmjena i dopuna, ostvareni su preduvjeti u Republici Hrvatskoj za daljnje djelovanje glede postupnog ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač. Prvi korak Republike Hrvatske prema ispunjenju obveza propisanih Montrealskim protokolom bila je izrada Nacionalnog programa za ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač 1996. godine. Nacionalnim programom utvrđena je stvarna potrošnja tvari koje oštećuju ozonski omotač, te su predložene mjere i projekti koji vode postupnom ukidanju njihove potrošnje u Republici Hrvatskoj. Također je utvrđeno kako Republika Hrvatska ima preduvjete za provedbu ubrzanog ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač, uz odgovarajuću stručnu i financijsku pomoć provedbenih agencija Montrealskog protokola.

U članku je dan prikaz provedbe mjera i projekata utvrđenih Nacionalnim programom za ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač i Uredbom o tvarima koje oštećuju ozonski omotač.

Implementation of the Country Programme for the Phase-out Ozone Depleting Substances

Summary: *Viewing its low consumption of ozone depleting substances – less than 0.3 kg/capita of the Annex A substances and less than 0.2 kg/capita of the Annex B substances – the Republic of Croatia is classified among the Article 5 Parties under the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer.*

The State Directorate for the Protection of Nature and Environment is the competent body for the Montreal Protocol implementation in Croatia. Adoption of the Montreal Protocol and its amendments has created conditions for further actions regarding the ODS phase-out in the Republic of Croatia. The Government of the Republic of Croatia, in January 1999, enacted the

¹ Hana Mesić, Jasenka Nećak, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb

By-law on Substances that Deplete the Ozone Layer, which defines methods and time-frames for phasing out ODS consumption.

The first step that the Republic of Croatia has made in the direction of meeting its obligations under the Montreal Protocol was the preparation of the Country Programme for Phasing Out Ozone Depleting Substances. The Country Programme defines consumption of the ozone depleting substances and proposes measures and projects leading to their phase-out in the Republic of Croatia. Also, it establishes that the Republic of Croatia has the capacity to implement the accelerated phase-out with adequate professional and financial assistance of the Montreal Protocol implementing agencies. Such assistance has so far been provided through four approved projects, out of which one has been completed (Phasing Out CFCs in the Flexible Polyurethane Foam Production), whereas the other three are on-going (Institutional Strengthening, Phasing Out CFCs in Aerosol Production, and Alternatives to the Use of Methyl Bromide in Tobacco Production). We are currently preparing the project covering the largest ODS consuming sector – refrigeration and air-conditioning.

The paper gives an overview of implementation of measures and projects at phasing out consumption of chlorofluorocarbons, halons, methyl bromide and carbon tetrachloride until the dates set by the By-law on Substances that Deplete the Ozone Layer, respectively by the year 2006.

Uvod

Notifikacijom o sukcesiji Republika Hrvatska je od 8. listopada 1991. godine stranka Bečke konvencije o zaštiti ozonskog omotača i Montrealskog protokola o tvarima koje oštećuju ozonski omotač. Dopune Montrealskog protokola (londonska i kopenhagenska dopuna) potvrdio je zakonima Hrvatski državni sabor 1993., odnosno 1996. godine. Tijekom 1999. godine planira se usvajanje i montrealske dopune Montrealskog protokola usvojene na 9. sastanku stranaka Montrealskog protokola o tvarima koje oštećuju ozonski omotač (Kanada, 1997.). Montrealski protokol i njegove izmjene i dopune propisuju mjere i rokove za ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač. S ciljem ispunjenja ovih obveza, Vlada Republike Hrvatske donijela je 1999. godine Uredbu o tvarima koje oštećuju ozonski omotač (Narodne novine broj 7/99. i 20/99.).

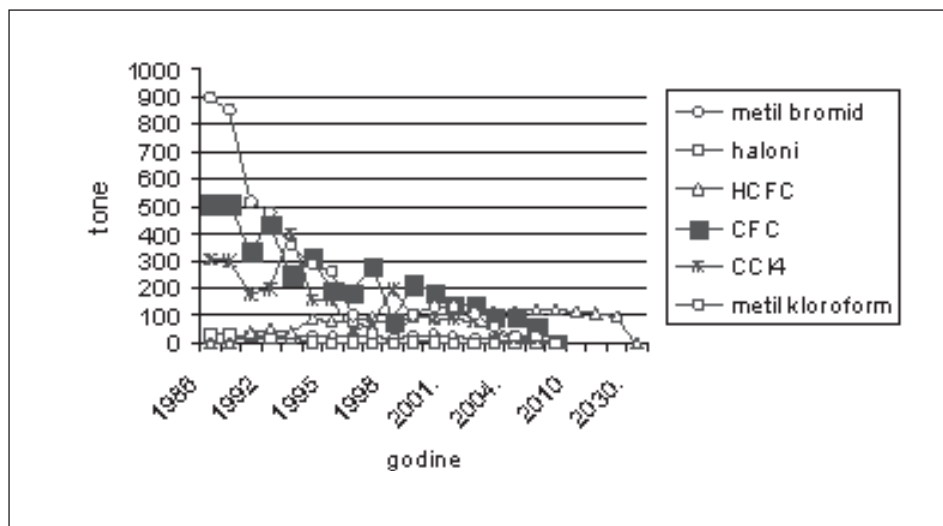
Prijelaz na tehnologije koje ne koriste tvari koje oštećuju ozonski omotač (TOOO) predstavlja trošak za ionako opterećeno domaće gospodarstvo. Iz tog razloga, te sa željom ispunjenja obveza propisanih Montrealskim protokolom zatražena je stručna i financijska pomoć Multilateralnog fonda za provedbu Montrealskog protokola. Ovu vrstu pomoći Multilateralni fond pruža zemljama s niskom potrošnjom TOOO (zemlje iz članka 5. Montrealskog protokola) putem svoje četiri provedbene agencije: Programa zaštite okoliša Ujedinjenih naroda (UNEP), Organizacije za industriju i razvoj Ujedinjenih naroda (UNIDO), programa za razvoj Ujedinjenih naroda (UNDP) i Svjetske banke. Kako bi se dobila slika stanja glede potrošnje TOOO u Republici Hrvatskoj, izrađen je 1996. godine, uz pomoć UNEP-a, Nacionalni program za ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač. Nacionalnim programom prepoznati su najveći potrošači TOOO, te predloženi projekti kojima se želi hrvatskom gospodarstvu pomoći u postupku prelaska na nove, zamjenske tehnologije.

Potrošnja tvari koje oštećuju ozonski omotač

U svrhu izrade Nacionalnog programa procijenjena je potrošnja tvari koje oštećuju ozonski omotač za razdoblje od 1986. do 1991. godine. Od 1991. godine preciznije se prate podaci o potrošnji TOOO. Ovdje trebamo naglasiti kako se potrošnja izračunava, sukladno odredbama Montrealskog protokola, prema formuli: $\text{potrošnja} = (\text{proizvodnja} + \text{uvoz}) - \text{izvoz}$. Obzirom da se u Republici Hrvatskoj TOOO ne proizvode, potrošnja se izračunava kao razlika uvoza i izvoza. Iznimku predstavlja potrošnja ugljik-tetraklorida koji se u Republiku Hrvatsku u najvećem dijelu (99,78%) uvozi za potrebe proizvodnje vinil-klorid monomera. Prema tumačenju Montrealskog protokola ovaj se uvoz ne ubraja u potrošnju TOOO, obzirom da se u tom procesu ugljik-tetraklorid u potpunosti uništava.

Temeljem podataka o potrošnji TOOO te u skladu s odredbama Montrealskog protokola, određeni su Uredbom o tvarima koje oštećuju ozonski omotač rokovi za potpuno ukidanje njihove potrošnje (slika 1.). Iz slike 1. je vidljivo da podaci za razdoblje od 1986. do 1999. godine pokazuju trend pada potrošnje TOOO. Treba međutim naglasiti kako je zabilježen pad potrošnje posljedica više čimbenika:

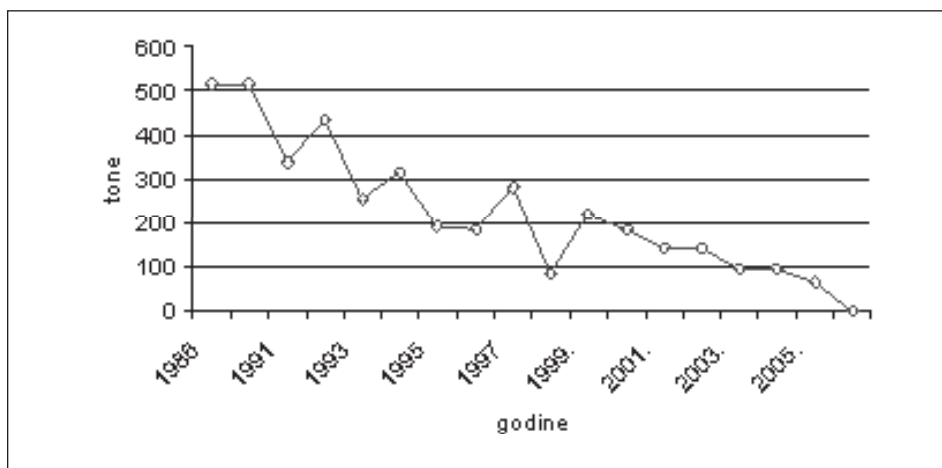
- ratnog razaranja,
- prelaska na tržišno gospodarstvo i u skladu s time trenutnog pada proizvodnje,
- trendova ukidanja potrošnje određenih TOOO na zapadnom tržištu,
- svijesti o ukidanju potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač.



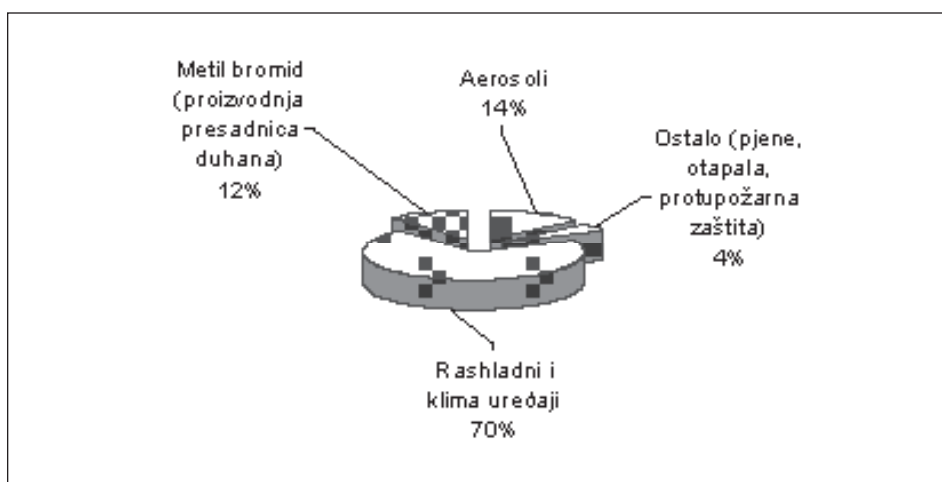
Slika 1: Potrošnja TOOO od 1986. do 1999. godine i najveća dopuštena godišnja potrošnja od 1999. godine do zakonskog roka za zabranu potrošnje (u tonama)

Također, nagli porast potrošnje CFC-a (klorofluorouglijci-freoni) u 1997. godini posljedica je stvaranja zaliha uslijed očekivanog porasta troškova uvoza zbog uvođenja poreza na dodanu vrijednost (PDV) početkom 1998. godine. Isti podatak objašnjava nagli pad potrošnje ovih tvari u 1998. godini (slika 2.).

Gledano po sektorima, vidljivo je da se najviše TOOO koristi u sektoru rashladnih i klima uređaja za potrebe servisiranja i održavanja (slika 3.).



Slika 2. Potrošnja CFC-a do 1999. godine i najveća dopuštena godišnja potrošnja do 2006. godine



Slika 3. Potrošnja TOOO po sektorima u 1998. godini

Projekti ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač

Nacionalni program za postupno ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač

Sredstva za izradu Nacionalnog programa za ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač odobrena su na 16. sastanku Izvršnog tijela za provedbu Montrealskog protokola u ožujku 1995. godine. Projektom su prepoznati najveći potrošači TOOO, te su predloženi projekti ukidanja potrošnje ovih tvari. Nacionalni program je dovršen u travnju 1996. godine, a planirana je provedba projekata određenih Nacionalnim programom do 2001. godine. Do sada je temeljem Nacionalnog programa odobreno pet projekata (tablica 1.).

Tablica 1. Provedba projekata ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač

	AGENCIJA	PROJEKTA (u US\$)	PROJEKTA	TOOO (u tonama)
Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj	UNEP-TE	40 000,00	Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj 1996. a planirano je provedba projekata koje Nacionalni program predviđa do 2000. godine	
Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj	UNEP-TE	101 200,00	Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj 1996. a planirano je provedba projekata koje Nacionalni program predviđa do 2000. godine	
Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj	UNEP-TE	110 700,00	Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj 1996. a planirano je provedba projekata koje Nacionalni program predviđa do 2000. godine	25
Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj	UNEP-TE	20 200,00	Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj 1996. a planirano je provedba projekata koje Nacionalni program predviđa do 2000. godine	10,6
Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj	UNEP-TE	202 200,00	Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj 1996. a planirano je provedba projekata koje Nacionalni program predviđa do 2000. godine	20
Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj	UNEP-TE	202 200,00	Projekt ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj 1996. a planirano je provedba projekata koje Nacionalni program predviđa do 2000. godine	126

Institucijsko osnaživanje u svrhu provedbe Montrealskog protokola u Republici Hrvatskoj

Temeljem ovoga projekta osnovan je Ured za ozon čiji su temeljni zadaci: *osvješćivanje javnosti; prikupljanje i obrada podataka o potrošnji TOOO; koordinacija projekata; organizacija, provedba i praćenje programa stručnog osposobljavanja u području pitanja vezanih za uporabu TOOO; izrada podzakonskih akata; održavanje veze između Vlade i odgovornih međunarodnih organizacija; razmjena informacija s drugim strankama Montrealskog protokola; podnošenje godišnjeg izvješća o potrošnji TOOO Tajništvu Montrealskog protokola, UNEP-u, i dr.* Postoje naznake kako bi trajanje projekta, a time i Ureda za ozon trebalo produžiti na-

kon prvobitno utvrđenog roka (ožujka 2000. godine). Naime, kako smo naveli, jedan od zadataka Ureda za ozon je koordinacija projekata za ukidanje potrošnje TOOO. Kako je od osnivanja Ureda za ozon do danas započela provedba jednog i priprema drugog projekta čija je provedba predviđena do 2002. godine, jasno je da će trebati koordinirati i provedbu ovih projekata. Također, planirano ukidanje potrošnje većine TOOO do siječnja 2006. godine zahtjeva dodatne aktivnosti koje će pomoći cjelovitoj provedbi nacionalnog programa.

Ukidanje potrošnje CFC 11 pri proizvodnji fleksibilnih poliuretanskih pjena u Oriolik d.d.

Projektom je ukinuta godišnja potrošnja od 25 tona tvari CFC-11. Kako je projektom predviđeno, uklonjen je stari sustav koji je koristio CFC-11, te je ugrađena ugovorena i planirana oprema koja koristi zamjensku tvar-metilen klorid. Probom proizvodnjom s novom tvari dobivene su pjene koje zadovoljavaju zahtjevima, a u svrhu zaštite radnika ugrađena je ventilacija za odvodnju para koje nastaju pri proizvodnji. Projekt je proveden u dvije faze:

1. postavljanje sustava ventilacije - uz pomoć tvrtke EX COMPACTO iz Slavonskog Broda,
2. ugradnja pumpnog sustava s uređajem za hlađenje (tvrtka BEAMECH iz Velike Britanije).

Ukidanje potrošnje freona u Plivi d.d.

Projektom se planira ukinuti godišnja potrošnja od 10,6 tona mješavine freona CFC-11 i CFC-12 u sektoru kozmetičkih aerosola. Pliva d.d. je najveći hrvatski proizvođač aerosolnih proizvoda. Ovdje se ubrajaju medicinski sprejevi (antibiotici i inhaleri - Becotide, Ventolin i Gnadion), kozmetički proizvodi (deodoranti, lakovi za kosu i sl.), te repelenti i insekticidi. Od 1990. godine provodi se postupna zamjena potisnog plina - mješavine tvari CFC-11 i CFC-12 sa smjesom propan-butan ili mehaničkim pumpicama, a provedba ove zamjene u potpunosti će se provesti tek izgradnjom pogona za punjenje aerosolnih doza bez štetnih tvari. Izgradnja ovog pogona izvršit će se u sklopu projekta "Ukidanje potrošnje freona u Plivi d.d.". Iako je provedba projekta pri kraju, bilježi se povećana potrošnja CFC-a u ovom sektoru. To je posljedica povećanja proizvodnje medicinskih inhalatora u skladu s potrebama tržišta, dok istovremeno ne postoji adekvatna zamjena za CFC za ovu namjenu na svjetskom tržištu.

Demonstracijski projekt za korištenje alternativnih načina uzgoja presadnica duhana, bez metil bromida

Cilj projekta je prikazati moguće načine uzgoja presadnica duhana, bez uporabe metil bromida, čime bi se ukinula godišnja potrošnja od 30 tona ove tvari. Naime, gotovo isključivi potrošači metil bromida kod nas su proizvođači presadnica duhana-individualni poljoprivrednici (kooperanti) i četiri tvrtke koje se bave uzgojem duhana: Viržinija d.d. iz Virovitice, Rovita d.o.o. iz Kutjeva, Duhan d.d. iz Slatine i Duhanprodukt d.d. iz Pitomače. Projekt je pokazni, te su u svrhu

dobivanja usporednih rezultata, pokusi u tvrtkama postavljeni u 6 varijanata s tri ponavljanja: 0–Kontrola, A–Metil bromid u uobičajenoj količini 0,454 kg/m², B–Dazomet, C–Solarizacija, D– Hidroponski uzgoj s uvezenim supstratom i E–Hidroponski uzgoj s lokalnim supstratom.

Također je za kontrolu pokusa u hidroponima osigurana nabavka konduktometra, automatskog mjerača temperature, kompleta za analizu vode, stiropornih paleta, supstrata, ručne sijačice i sl.

Projekt “Gospodarenje rashladnim sredstvima”

Do sada odobreni projekti obuhvatili su sektor potrošnje metil bromida i sektor potrošnje CFC-a za proizvodnju pjena i aerosola. Međutim, projekt za ukidanje potrošnje CFC-a u sektoru rashladnih i klima uređaja, koji je najveći potrošač TOOO (slika 2.), tek treba započeti. Početkom 1999. godine izrađen je u suradnji s UNIDO prijedlog projekta “Gospodarenje rashladnim sredstvima” upravo s ciljem olakšavanja ukidanja potrošnje TOOO u ovom sektoru. Prema podacima prikupljenim u svrhu izrade ovog projekta, najveća je potrošnja CFC-a za potrebe održavanja/servisiranja rashladnih i klima uređaja u komercijalnom sektoru, te za popravak brodova (tablica 2.). Potvrđeno je na žalost i postojanje prakse ispiranja sustava s CFC-11, što je prema Uredbi o tvarima koje oštećuju ozonski omotač zabranjeno.

Tablica 2. Potrošnja rashladnih tvari u 1998. godini, prema podsektorima (u tonama)

Podsektor	Podsektor	Podsektor	Podsektor	Potrošnja
Rashladni i klima uređaji	Rashladni i klima uređaji	CFC-11	potrošnja	1300
	Rashladni i klima uređaji	CFC-12	potrošnja	1636
	Rashladni i klima uređaji	CFC-13	potrošnja	5631
	Rashladni i klima uređaji	CFC-14	potrošnja	4552
	Rashladni i klima uređaji	R-600	potrošnja	300
	Rashladni i klima uređaji	HCFC-22	potrošnja	5134

Projekt je odobren od strane Multilateralnog fonda u srpnju 1999. godine, a sastoji se od tri međusobno povezana dijela:

1. Obuka serviseri rashladnih i klima uređaja

Predviđen program obuke će u prvom stupnju obuhvatiti obuku hrvatskih predavača-stručnjaka za sektor rashladnih i klima uređaja. Obuku će provesti međunarodni stručnjaci odabrani od UNIDO. Temeljem ove obuke te uzimajući u obzir domaće osobitosti, izradit će se naputci za obuku serviseri diljem Hrvatske. Obučeni predavači iz prvog stupnja provesti će u drugom stupnju obuku serviseri rashladnih i klima uređaja putem višednevnih radionica. Cilj ovih predavanja je:

- upoznavanje s odredbama Uredbe o tvarima koje oštećuju ozonski omotač (zabrana ispuštanja freona u zrak, obveze izveščivanja o prikupljenim količinama freona prilikom servisiranja ili odlaganja uređaja na odlagališta otpada),

- upoznavanje s dinamikom ukidanja potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač u Republici Hrvatskoj u skladu s Uredbom o tvarima koje oštećuju ozonski omotač,
- upoznavanje s mogućim zamjenama za rashladno sredstvo (freone) u postojećim sustavima i načinu postupanja s zamjenskim tvarima, te
- upoznavanje o razlozima i načinu prikupljanja i uporabe freona.

2. Obuka djelatnika carinskih službi

Zabranom uvoza proizvoda koji sadrže tvari koje oštećuju ozonski omotač pred djelatnike carinskih službi se postavlja zahtjev za kontrolom proizvoda prilikom uvoza. Kako utvrditi sadrži li pojedini proizvod tvari koje oštećuju ozonski omotač ili zamjensku tvar, kako spriječiti pokušaje ilegalnog uvoza tvari koje oštećuju ozonski omotač i proizvoda koji ih sadrže, tema je ovog programa. UNIDO će i u ovom slučaju organizirati obuku četrdesetak djelatnika Carinske uprave, te pribaviti detektore za tvari koje oštećuju ozonski omotač. Carinska će uprava osigurati daljnje obrazovanje svojih djelatnika. Provedbom ovog programa obuke učinkovito će se provesti zabrana uvoza proizvoda, poglavito rashladnih i klima uređaja, koji sadrže TOOO. Cilj zabrane uvoza rashladnih i klima uređaja koji sadrže freone je spriječavanje povećanja potrebe za ovim tvarima, koja bi se pojavila prilikom servisiranja novouvezenih uređaja.

3. Prikupljanje i uporaba freona

U dosadašnjoj praksi često je dolazilo do slučajnog i namjernog ispuštanja freona u zrak prilikom servisiranja rashladnih i klima uređaja. Kako bi se spriječile ove štetne emisije, te kako bi se osigurala dovoljne količine freona za održavanje i servisiranje postojećih rashladnih i klima uređaja i nakon 2006. godine važno je uspostaviti sustav prikupljanja i uporabe freona. Projektom se predviđa nabavka uređaja za oporabu kojima bi se dijelom zadovoljile potrebe hrvatskog tržišta, te nabavka određenog broja uređaja za prikupljanje freona za veće servisere rashladnih i klima uređaja. Predviđeno trajanje provedbe projekta "Gospodarenje rashladnim sredstvima" je dvije godine.

Postignuti rezultati

Nacionalnim programom za ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač utvrđena je potrošnja TOOO te su predloženi projekti ukidanja potrošnje ovih tvari. Sveukupno gledano, od izrade Nacionalnog programa (1996. godine) do danas zabilježen je značajan pad ukupne potrošnje TOOO u iznosu od 58,2% (slika 2.). Promjena potrošnje po sektorima međutim varira: najveći pad (gotovo 100%) zabilježen je pri potrošnji metil kloroforma u sektoru otapala. Ovaj pad potrošnje izravna je posljedica promjene cijene na tržištu i dostupnosti zamjenskih tvari. Provedbom projekata određenih Nacionalnim programom ukinuta je godišnja potrošnja od 35,6 tona tvari CFC-11 i CFC-12 u sektoru kozmetičkih aerosola i

fleksibilnih poliuretanskih pjena u industriji namještaja. Potrošnja metil bromida smanjena je za 33%, dok je potrošnja halona približno ista obzirom da se radi o potrebama održavanja postojećih protupožarnih sustava. Kao posljedica ukidanja potrošnje CFC-a na zapadnom tržištu, te zahvaljujući dosadašnjim aktivnostima obavješćivanja javnosti o mjerama smanjenja potrošnje ovih tvari, zabilježen je i pad potrošnje od 47% u sektoru rashladnih i klima uređaja. Potrošnja CFC-a u ovom sektoru planira se, uz provedbu projekta "Gospodarenje rashladnim sredstvima", u potpunosti ukinuti do zakonski predviđenog roka, 2006. godine.

Zaključak

Daljnjom provedbom projekata Nacionalnog programa za ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač pomoći će se hrvatskom gospodarstvu pri prilagodbi na nove, ozonskom omotaču neštetne tehnologije. Također, stalnim kontaktima s domaćim gospodarskim subjektima, te uz nastavak suradnje s provedbenim agencijama Montrealskog protokola očekuje se ostvarenje postavljenog cilja-ukidanja potrošnje CFC-a, halona, metil bromida, metil kloroforma i ugljik tetraklorida do 2006. godine. Na taj način će i Republika Hrvatska dati svoj doprinos globalnom cilju stvaranja preduvjeta za obnavljanje ozonskog omotača putem smanjenja emisije tvari koje ga oštećuju.

Literatura

1. Zakon o ratifikaciji Bečke konvencije o zaštiti ozonskog omotača s prilogima I. i II., Službeni list SFRJ-Međunarodni ugovori, broj 1/90. (*)
2. Zakon o ratifikaciji Montrealskog protokola o supstancijama koje oštećuju ozonski omotač, Službeni list SFRJ-Međunarodni ugovori, broj 16/90. (*)
3. Zakon o potvrđivanju (ratifikaciji) dopune Montrealskog protokola o tvarima koje oštećuju ozonski omotač, Narodne novine - Međunarodni ugovori, broj 11/93.
4. Zakon o potvrđivanju izmjene Montrealskog protokola o tvarima koje oštećuju ozonski omotač, Narodne novine -Međunarodni ugovori, broj 1/8 /96.
5. Uredba o tvarima koje oštećuju ozonski omotač (Narodne novine, broj 7/99. i 20/99.)
6. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, (1996): "Nacionalni program za postupno ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski omotač"
7. Agencija za posebni otpad, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, (1998): "Studija izvodljivosti sustava recikliranja i ponovne uporabe rashladnih sredstava-freona"
8. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, (1999):"Gospodarenje rashladnim sredstvima" - Prijedlog projekta (interni dokument)

* Odlukama Vlade Republike Hrvatske objavljen je popis međunarodnih ugovora kojih je Republika Hrvatska stranka na temelju notifikacije o sukcesiji: Narodne novine-Međunarodni ugovori, br. 1/92., 12/93.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Borac, S.¹, Buljan, H.¹

Uspostava katastra emisija u okoliš u Republici Hrvatskoj

Sažetak: U sklopu svoje redovite aktivnosti Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša obvezna je pripremati dokumente zaštite prirode i okoliša (strategija, izvješće o stanju prirode i okoliša, planovi i programi unapređenja stanja prirode i okoliša i sl.). Za potrebe pripreme dokumenata zaštite prirode i okoliša ali i za potrebe donošenja odluka u svezi sa zaštitom prirode i okoliša potrebno je imati relevantne i potpune podatke o stanju i trendovima promjena prirode i okoliša.

Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša također je obvezna, prema Zakonu o zaštiti okoliša, članak 41., (NN 82/94), u suradnji sa drugim ministarstvima i državnim upravnim organizacijama uspostaviti informacijski sustav zaštite prirode i okoliša koji mora sadržavati podatke katastra onečišćavanja okoliša, odabrane podatke očevidnika o stanju prirode i okoliša, stručne i znanstvene podatke domaćih i stranih institucija i međunarodnih organizacija i informacije važne za zaštitu prirode i okoliša.

Katastar onečišćavanja okoliša osnova je za provođenje politike zaštite prirode i okoliša, kontrolu provedbe te politike, provođenje međunarodnih obveza Republike Hrvatske iz domene zaštite prirode i okoliša, iniciranje programa unapređenja stanja zaštite prirode i okoliša i međunarodnu razmjenu podataka.

Establishment of Environmental Emissions Inventory in the Republic of Croatia

Summary: In the frame of its regular duties, the State Directorate for the Protection of Nature and Environment is obliged to work on nature and environmental protection documents (environmental strategy, environmental state reports, plans and programmes for nature and environmental improvements etc.). To be able to prepare all those documents, as well as to make decisions related to the protection of nature and the environment, one requires complete and relevant data on the trends of changes in nature and the environment.

Article 41 of the Law on Environmental Protection ('Narodne novine' No. 82/94) mandates the State Directorate for the Protection of Nature and Environment, in conjunction with other ministries and governmental authorities, for the development of nature and

1 Mr. Slavko Borac, mr. Hrvoje Buljan, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša, Zagreb

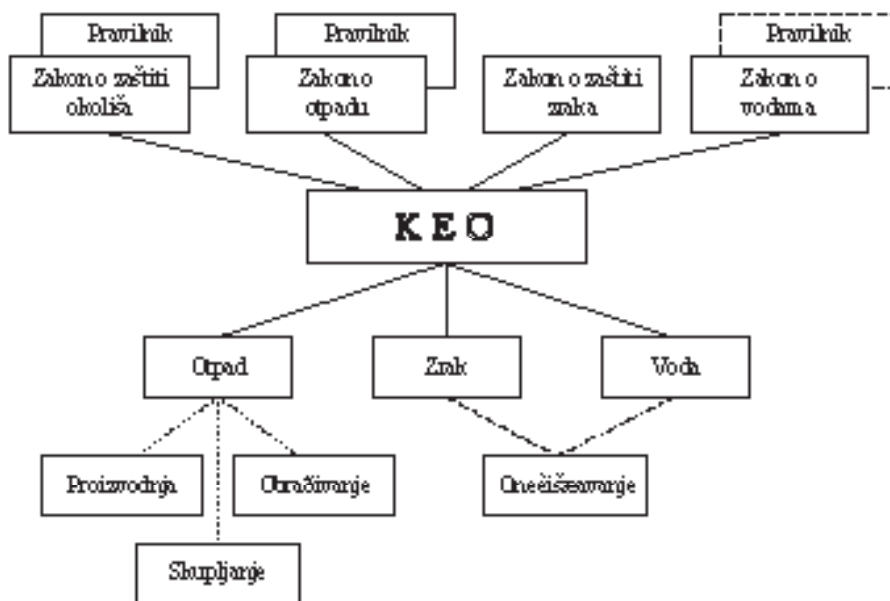
environmental information system that would contain environmental pollution inventory data, selected data from the nature and environmental state records, expert and scientific data supplied by domestic and foreign institutions and international organisations, as well as the information of relevance for nature and the environment.

Environmental pollution inventory is the basis for successful implementation of nature and environmental protection policy, policy enforcement control, implementation of international commitments of the Republic of Croatia in the field of nature and environmental protection, initiating nature and environmental improvements, and international data exchange.

Katastar emisija u okoliš

Katastar emisija u okoliš (KEO) sastavni je dio katastra onečišćavanja, a obuhvaća katastar emisija u vode/more, katastar emisija u zrak i katastar otpada.

Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša započela je 1995. godine uspostavljati, a 1997. godine implementirati katastar emisija u okoliš po županijama i gradovima.



Slika 1. Utjecaj konkretnih zakona na uspostavu KEO

Zakonom o zaštiti okoliša (NN, br. 82/94.) utvrđena je obveza uspostave katastra onečišćenja okoliša kao skupa podataka o izvorima, vrsti, količini, načinu i mjestu unošenja, ispuštanja ili odlaganja štetnih tvari u okoliš.

Prema Zakonu o zaštiti okoliša, članku 40., katastar onečišćavanja okoliša vodi županijski ured i gradski ured Grada Zagreba nadležan za poslove zaštite okoliša, a u gradu upravno tijelo nadležno za zaštitu okoliša.

Pravilnikom o katastru emisija u okoliš (NN 36/96.) propisan je obvezni sadržaj, metodologija i način vođenja katastra emisija u okoliš, način i rokovi prikupljanja i dostavljanja podataka, davanje ovlaštenja pravnim osobama za obavljanje poslova vođenja katastra emisija u okoliš te kaznene odredbe za povredu odredaba ovog propisa.

Zakonom o otpadu (NN, br. 34/95.) propisana je obveza vođenja katastra otpada i to: županijski ured, odnosno gradski ured Grada Zagreba nadležan za poslove zaštite okoliša na osnovi podataka pravnih ili fizičkih osoba koje proizvode ili postupaju s otpadom vode katastar o vrstama otpada i načinu njegova skladištenja, obrađivanja i odlaganja što čini sastavni dio katastra onečišćenja okoliša.

Zakon o zaštiti zraka (NN, br. 48/95.) također propisuje obvezu vođenja katastra emisija u zrak, prijavljivanje izvora koji onečišćuju zrak kao i svaku njegovu promjenu županijskom uredu i gradskom uredu Grada Zagreba, osiguravanje redovitog praćenja (mjerenje i/ili proračunavanje emisije iz izvora), o tome vođenje očevidnika, kao i redovito dostavljanje tih podataka u katastar onečišćavanja okoliša.

Zakonom o vodama (NN, br. 107/95.) je isto tako predviđeno vođenje vodnih katastara koje čine; katastar voda, vodnog dobra i vodnih građevina, katastar korištenja voda i katastar zaštite voda. Bitno je da se u katastar zaštite voda unose podaci o izvorima onečišćenja, sustavima za odvodnju otpadnih voda i drugi odgovarajući podaci značajni za zaštitu voda.

Cilj Katastra emisija u okoliš jeste na jednom mjestu obuhvatiti sve obveze koje proizilaze iz navedenih zakonskih i drugih propisa koji se odnose na Katastar emisija u okoliš.

Dvije su temeljne zadaće katastra emisija u okoliš:

1. zahvaćanje izvornih podataka o onečišćivačima, vrstama i veličinama emisija te opremi, uređajima i procesima za zaštitu okoliša,
2. osiguravanje mogućnosti dobivanja informacija potrebnih za nadzor provedbe propisa zaštite okoliša, praćenje stanja okoliša, izradu dokumenata zaštite okoliša, praćenje efikasnosti mjera zaštite okoliša i razmjenu podataka sa svijetom.

Katastar emisija u okoliš uspostavlja se na četiri razine:

KEO	KEO ŽUPANIJA I	KEO	KEO
ONEČIŠĆIVAČA	GRADA ZAGREBA	GRADA	DRŽAVE

Razina onečišćivača – na kojoj se osiguravaju podaci o vrstama i razinama emisija (mjerenje emisija), izračunavaju emisije, popunjavaju propisani obrasci te dostavljaju popunjeni, provjereni i potpisani obrasci u županijski ured nadležan za poslove zaštite okoliša.

Razina grada – na kojoj se prikupljaju i u računalu unose podaci o kolektivnim izvorima onečišćenja (izvori čije emisije pojedinačno promatrano nisu velike ali više njih koncentrirano na malom prostoru značajni su emiteri onečišćenja – npr. gradski promet) vode/mora, zraka i podaci o komunalnom otpadu i to: podaci o naselju, podaci o načinu zagrijavanja stambenih prostora, podaci o emisijama u zrak iz kućnih ložišta i malih kotlovnica stambenih prostora, podaci o načinu zagrijavanja poslovnih prostora, podaci o emisijama iz cestovnog prometa, podaci o ispuštima u vode/more, podaci o emisijama u vode/more komunalnih otpadnih voda, podaci o skupljačima i obrađivačima komunalnog otpada,

Obveznici vođenja katastra emisija u okoliš su gradovi sa 40000 ili više stanovnika.

Razina županija i Grada Zagreba – na kojoj se prikupljaju i u računalu unose podaci o pojedinačnim izvorima onečišćenja u vode/more, zrak te proizvođačima, sakupljačima i obrađivačima tehnološkog i opasnog otpada i to: podaci o onečišćivaču, podaci o tehnološkim jedinicama, podaci o emisijama u zrak iz industrijskih postrojenja, podaci o emisijama u zrak iz energetske postrojenja, podaci o emisijama u zrak iz energetske postrojenja za grijanje, podaci o emisijama u zrak iz termoelektrana, podaci o ispuštima u vode/more, podaci o emisijama u vode/more rashladne vode, podaci o ispuštima u vode/more procesne vode, podaci o ispuštima u vode/more sanitarne vode, podaci o ispuštima u vode/more mješovite vode, podaci o ispuštima u vode/more oborinske vode, podaci o ispuštima u vode/more procjedne vode, podaci o proizvođačima opasnog otpada, podaci o skupljačima opasnog otpada, podaci o obrađivačima opasnog otpada, podaci o proizvođačima neopasnog tehnološkog otpada, podaci o skupljačima neopasnog tehnološkog otpada, podaci o obrađivačima neopasnog tehnološkog otpada,

Razina županija i Grada Zagreba osnovna je razina odgovorna za vođenje katastra emisija u okoliš Republike Hrvatske.

Razina države (Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša) – na kojoj se objedinjavaju podaci pojedinačnih i kolektivnih izvora emisija u okoliš iz županija i Grada Zagreba i gradova u jedinstvenu računalnu bazu podataka gdje se obrađuju i sintetizirano koriste,

Za potrebe provođenja katastra emisija u okoliš Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša osigurala je, angažiranjem suradničke institucije Zavoda za informatičku djelatnost Hrvatske iz Zagreba, jedinstvenu metodologiju vođenja katastra emisija u okoliš, jedinstvenu metodologiju osposobljavanja djelatnika svih razina i predstavnika onečišćivača, svu potrebnu dokumentaciju, te računalni program za potporu vođenja i prijenos podataka katastra emisija u okoliš.

Stručni seminar za osposobljavanje djelatnika županijskih ureda nadležnih za poslove zaštite okoliša, djelatnika upravnih tijela gradova nadležnih za poslove zaštite okoliša, predstavnika institucija županija i gradova te predstavnika onečišćivača za vođenje katastra emisija u okoliš i korištenje računalnog programa za potporu vođenja katastra emisija u okoliš Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša je, zajedno sa suradničkom institucijom Zavodom za informatičku djelatnost

Hrvatske, Zagreb, organizirala i realizirala u 20 županija i 11 gradova obveznika vođenja katastra emisija u okoliš.

Pozivu da osiguraju neophodne uvjete za uspostavu i vođenje KEO te da podrže organizaciju osposobljavanja svojih djelatnika i ostalih predstavnika vezanih za provođenje zaštite okoliša do 01. srpnja 1999. godine su se odazvale sljedeće županije i gradovi kako slijedi:

1. Varaždinska županija u Varaždinu / 08. 06. 1998. godine
2. Primorsko-goranska županija u Rijeci / 15. i 16. rujna 1997. godine
3. Istarska županija u Puli / 09. i 10. listopada 1997. godine
4. Grad Zagreb / 22. i 23. listopada 1997. godine
5. Bjelovarsko-bilogorska županija u Bjelovaru / 30. i 31. listopada 1997. godine
6. Ličko-senjska županija u Otočcu / 03. i 04. studenoga 1997. godine
7. Grad Rijeka / 20. i 21. studenoga 1997. godine
8. Brodsko-posavska županija u Slavonski Brod / 11. i 12. prosinca 1997. godine
9. Dubrovačko-neretvanska županija u Dubrovniku / 18. i 19. prosinca 1997. godine
10. Grad Dubrovnik / 18. i 19. prosinca 1997. godine
11. Požeško-slavonska županija u Požegi / 29. i 30. siječnja 1998. godine
12. Karlovačka županija u Karlovcu / 05. i 06. veljače 1998. godine
13. Sisačko-moslavačka županija u Sisku / 19. i 20. veljače 1998. godine
14. Osiječko-baranjska županija / 05. i 06. ožujka 1998. godine
15. Grad Zadar / 12. i 13. ožujka 1998. godine
16. Šibensko-kninska županija / 19. i 20. ožujka 1998. godine
17. Grad Šibenik / 19. i 20. ožujka 1998. godine
18. Zadarska županija / 20. i 21. ožujka 1998. godine
19. Istarska županija u Puli / 16. i 17. travnja 1998. godine
20. Grad Pula / 16. i 17. travnja 1998. godine
21. Koprivničko-križevačka županija u Koprivnici / 23. i 24. travnja 1998. godine
22. Krapinsko-zagorska županija u Krapini / 07. i 08. svibnja 1998. godine
23. Grad Rijeka / 14. svibnja 1998. godine
24. Splitko-dalmatinska županija u Splitu / 25. i 26. lipnja 1998. godine
25. Međimurska županija u čakovcu / 17. i 18. rujna 1998. godine
26. Virovitičko-podravska županija u Virovitici / 01. 02. listopada 1998. godine
27. Grad Osijek / 08. i 09. listopada 1998. godine
28. Grad Sisak / 12. studenoga 1998. godine
29. Grad Bjelovar / 26. i 27. studenoga 1998. godine
30. Grad Slavonski Brod / 17. i 18. prosinca 1998. godine
31. Zagrebačka županija u Zagrebu / 11. i 12. siječnja 1999. godine
32. Grad Karlovac / 11. i 12. veljače 1999. godine

Pored gore navedenog u više županijskih centara obavljena je i dodatna izobrazba djelatnika u županijskim uredima u svezi s vođenjem Katastra emisija u okoliš. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša je u suradnji sa Hrvatskom gospodarskom komorom iz Zagreba i županijskim gospodarskim komorama u šest županija

pokrenula akciju za održavanje izobrazbi popunjavanja obrazaca katastra emisija u okoliš, izračunavanje emisija i prikazivanje rezultata.

Izračunavanje emisija u zrak

Pri izradi KEO koristi se pristup “odozdo prema gore”, odnosno podaci o emisijama u okoliš se sumiraju od najniže do najviše razine što znači da se ukupna emisija na nekom području određuje kao zbroj emisija svih izvora tog područja prema izrazu:

$$E_{i(A,n)} = \sum_1^l E_{i,1} \quad (1)$$

gdje su:

- $E_{i(A,n)}$ - ukupna emisija onečišćenja “i” vrste “n” (u zrak, vodu ili otpad) na određenom području “A”;
- E_i - emisija onečišćenja vrste “i”;
- i - vrsta onečišćenja (SO_x , NO_x ,...);
- A - prostorna jedinica za koju se radi KEO (poduzeće ili naselje, grad/općina ili županija);
- n - vrsta emisije;
- l - broj izvora ili KEO nižeg reda (npr. za KEO na razini onečišćavatelja je to ukupni broj svih ispusta emisija tražene vrste; za KEO na razini županije je to broj svih katastarskih na razini grad/općina).

Određivanje emisija u okoliš iz pojedinačnih izvora

Pojedinačni izvori emisija u okoliš su točkasti izvori emisija većih industrijskih i energetskih postrojenja:

- **energetska postrojenja:** termoelektrane, termoelektrane - toplane, toplane, industrijske kotlovnice, procesne peći i kotlovnice snage iznad 100 kW;
- **industrijska postrojenja:** rafinerije nafte, čeličane, ljevaonice, valjaonice, tvornice za proizvodnju i preradu obojenih metala, tvornice kemijskih i petrokemijskih proizvoda, cementare, asfaltne baze, spaljivaonice otpada, tvornice papira, tvornice prehrambenih i duhanskih proizvoda, tvornice kože, uređaji za pročišćavanje otpadnih voda naselja.

Količina emisija za pojedinačne izvore emisija određuje se prema podacima iz očevidnika o provedenim mjerenjima emisija u okoliš.

Količina emisije određene vrste onečišćenja izračunava se na osnovi izmjerenih prosječnih vrijednosti danog onečišćenja preko izraza:

$$E_i = C_i \cdot V \cdot \text{efektivni sati rada [kg/god, t/god i sl.]} \quad (2)$$

gdje su:

- E_i - ukupna emisija onečišćenja “i” u okoliš;

C_i - prosječna koncentracija onečišćenja "i" u emisiji; [g/m³, kg/m³, kg/t i sl.]

efektivni sati rada - ukupno vrijeme rada postrojenja ili pogona koji ispušta emisije u okoliš;

kvantitet medija - ukupni godišnji protok otpadnih voda, plinova ili ukupna količina otpada, [m³/god, Nm³/god, t/god i sl.]

Ukoliko nema izmjerenih podataka, količina emisije pojedine vrste onečišćenja se izračunava iz materijalne bilance ili primjenom emisijskih faktora.

Količina emisije određene vrste onečišćenja se preko emisijskih faktora i proizvodne aktivnosti (količine proizvoda, potrošenih sirovina ili goriva) izračunava preko izraza:

$$E_i = E_f \cdot \text{proizvodna aktivnost} \quad [\text{kg/god, t/god i sl.}] \quad (3)$$

gdje su:

E_i - ukupna količina emisije onečišćenja "i" u okoliš;

E_f - emisijski faktor, tj. broj koji daje veličinu emisije po jedinici intenziteta aktivnosti (količini proizvoda, potrošene sirovine ili goriva, izvršenog posla i sl.) za odabranu djelatnost, tehnološki proces uz odabrane postupke zaštite okoliša; emisijski faktor se izražava u jedinicama mase odabranog onečišćenja (X_i) po jedinici aktivnosti izvora;

[kg _{X_i} /t_{proizvoda}, kg _{X_i} /t_{sirovine}, kg _{X_i} /t_{goriva}, kg _{X_i} /GJ_{proizved. energije}, i sl.]

proizvodna aktivnost - mjera proizvodnje ili potrošnje, zavisno o vrsti izvora emisije može biti:

- za energetske izvore: količina potrošenog goriva ili količina proizvedene energije;
- za industrijske izvore: količina proizvoda, međuproizvoda ili poluproizvoda ili količina potrošenih sirovina.

Za izračunavanje emisija iz pojedinačnih izvora uz primjenu emisijskih faktora, prema Pravilniku o KEO, članak 13., koriste se vrijednosti emisijskih faktora Europske zajednice (EZ).

Izračunavanje emisija u okoliš iz kolektivnih izvora

Količina emisije iz kolektivnih izvora izračunava se iz karakterističnih statističkih podataka za određeno područje i podataka o ukupnoj aktivnosti na tom području, koja dovodi do nastanka emisije, te primjenom emisijskih faktora.

Ako se emisija iz kolektivnih izvora mjeri, količina emisije određene vrste onečišćenja se izračunava prema podacima iz očevidnika o provedenim mjerenjima. Za izračunavanje emisija iz kolektivnih izvora uz primjenu emisijskih faktora, prema Pravilniku o KEO, članak 13., koriste se vrijednosti emisijskih faktora Europske zajednice (EZ).

Male kotlovnice i kućna ložišta

Za sve vrste stambenog i poslovnog prostora s individualnim i centralnim loženjem prikupljaju se podaci o malim kotlovnica i kućnim ložištima potrebnim za izračunavanje emisija.

Količina emisije u zrak iz malih kotlovnica i kućnih ložišta proračunava se iz utvrđenih podataka o strukturi i količini goriva koja se godišnje utroši na zagrijavanje svih stambenih i poslovnih prostorija određenoga statističkoga popisnog kruga naselja uz primjenu emisijskih faktora. U tu svrhu određuju se po obliku stanovanja i načinu zagrijavanja tipične zone grada u kojima se odabiru "uzorci" za prikupljanje podataka o načinu zagrijavanja stambenog i poslovnog prostora putem obrazaca KI-Z-1 i KI-Z-2.

Prikupljanje podataka se provodi za tipične uzorke u svim statističkim popisnim krugovima. Na temelju rezultata prikupljanja podataka izračunava se prosječna struktura i količine goriva koja se godišnje utroši po m² ukupne stambene ili poslovne površine na promatranom području.

Emisija u okoliš izračunava se iz utvrđenih prosječnih veličina za statističke popisne krugove i zbirno za grad primjenom emisijskih faktora prema izrazu:

$$E_{i,n} = E_n > E_{fi,n} > \text{Ukupna površina} \quad (4)$$

gdje su:

- $E_{i,n}$ - emisija onečišćenja "i" iz goriva vrste "n";
- i - vrsta onečišćenja (SO_x , NO_x ,...);
- n - vrsta goriva (drva, ugljen, loživo ulje,...);
- E_n - potrebna količina goriva vrste "n" za zagrijavanje stambenog ili poslovnog prostora [$\text{kg/m}^2\text{god}$];
- $E_{fi,n}$ - emisijski faktor koji daje veličinu emisije onečišćenja "i" po jedinici mase goriva tipa "n" i m² stambenog ili poslovnog prostora.

Cestovni promet

Emisije u okoliš iz cestovnog prometa izračunavaju se iz podataka o strukturi vozila i prometnoj aktivnosti vozila temeljenih na brojenju prometa po dionicama i emisijskih faktora preko sljedećeg izraza:

$$E_i = \sum_{k=1}^n (E_{i,k} \cdot \sum_{l=1}^{m(k)} s_l) = \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^{m(k)} E_{i,k} \cdot s_l \quad (5)$$

i - vrsta onečišćenja

$k \in [1, \dots, n]$ - vrsta vozila

$m(k)$ - ukupni broj vozila vrste k

$l \in [1, \dots, m, k]$ - s_l prijeđeni put vozila l

$E_{fi,k}$ - emisijski faktor onečišćenja i , za vozilo vrste k po jedinici puta

Smjernice za primjenu emisijskih faktora

Temeljem članka 3. Pravilnika o KEO (N.N. 36/96), emisijski faktor je broj koji daje količinu emisije određene tvari po jedinici aktivnosti (mjerene količinom proizvoda, količinom potrošenog energenta ili sirovine, ili veličinom obavljenog posla) za određenu djelatnost, tehnološki proces ili određene postupke zaštite okoliša. Iskazuje se u jedinicama mase onečišćavajuće tvari - po jedinici aktivnosti izvora (npr. kg/t proizvoda, kg/t sirovine, kg/t potrošenog goriva, kg/GJ proizvedene energije, kg/km prijednog puta, kg/stanovniku i sl.).

Ukoliko je za određivanje količine emisije neophodno koristiti emisijske faktore, uzimaju se vrijednosti emisijskih faktora EZ.

Emisijski faktori se primjenjuju:

- pri izračunavanju količina emisije iz pojedinačnih izvora emisije uz primjenu statističkih podataka za određeno područje (ako se ne može utvrditi prema podacima iz očevidnika o provedenim mjerenjima);
- pri proračunu količina emisije u okoliš iz kolektivnog izvora emisija (ako se ne može proračunati iz karakterističnih statističkih podataka za određeno područje i podataka o ukupnoj aktivnosti na tom području);
- pri proračunu količina emisija u zrak iz malih kotlovnica i kućnih ložišta uz primjenu utvrđenih podataka o strukturi i količini goriva koja se godišnje utroši na zagrijavanje svih stambenih i poslovnih prostorija određenoga statističkoga popisnog kruga naselja;
- pri proračunu količina emisija u zrak od vozila u cestovnom prometu uz primjenu podataka o strukturi vozila i prometnoj aktivnosti vozila na određenom području;
- pri proračunu količina emisije u vode/more od otpadnih voda iz domaćinstva uz primjenu podataka o broju stanovnika područja na koje se odnosi taj ispušt i/ili količine potrošene vode za piće za isto područje (ako se ne može odrediti na temelju podataka iz očevidnika o izmjerenoj količini i sastavu vode na ispustu u prirodni recipijent);
- pri proračunu količina komunalnog otpada uz primjenu podataka o broju stanovnika na određenom području (ako se ne može odrediti na temelju podataka iz očevidnika o provedenim mjerenjima količine komunalnog otpada);
- pri proračunu količina inertnog tehnološkog otpada (ako nema izmjerenih podataka o količini inertnog tehnološkog otpada ili se ne može izračunati iz materijalne bilance).

U koncepciji vođenja i načina izrade KEO primijenjena su takva rješenja koja podatkovnim sadržajima, te načinom određivanja i izračunavanja emisija odgovaraju metodologijama EZ. Upravo zbog toga je moguće primijeniti emisijske faktore koje je propisala EZ. Iako u nekim slučajevima ovi propisani emisijski faktori nisu sasvim relevantni, osiguravaju trenutno najprimjenjivije emisijske podatke.

U tu svrhu treba koristiti Priručnik propisanih emisijskih faktora, metodologija CORINAIR, Volume 2, 1995., publiciran od Europske komisije za okoliš, nuklearnu sigurnost i zaštitu ljudi.

Literatura

1. Dobris +3 Report Guidelines for Data Collection, European Environment Agency, Denmark, 1996.
2. Program razvitka informacijske infrastrukture, Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša i Ministarstvo znanosti, 1996.
3. Propisi o zaštiti prirode i okoliša, Sabor Republike Hrvatske, Zastupnički dom, Odbor za prostorno uređenje i zaštitu okoliša, ISBN 953-6547-02-3
4. Priručnik propisanih emisijskih faktora, metodologija CORINAIR, Volume 2, 1995.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Fugaš, M.¹

Kako postići učinkoviti rad inspekcije na području zaštite kakvoće zraka

Sažetak: Prikazana je strategija zaštite kakvoće zraka koja se već više stoljeća provodi u Engleskoj, koristeći princip "Najboljih sprovedivih mjera", te ustroj i način rada inspekcije koja provodi učinkoviti nadzor nad njihovim provođenjem kao primjer kako treba zakone i uredbe učiniti djelotvornima.

How to Achieve Efficient Operation of Inspectorate Responsible for Protection of Air Quality

Summary: The paper presents the strategy for air quality protection using the "Best practicable means" (BPM) principle that has been carried out in England for several hundred years. The organization and the operation of inspectorate controlling the implementation of BPM has been included as an example of how to make laws and ordinances efficient.

Najdulje iskustvo u borbi za čisti zrak ima Engleska koja se suočila s problemima onečišćenja zraka još u XIV. stoljeću kada je započela "industrijska revolucija". Proizvodnja alkalija Leblanc-ovim postupkom, pri čemu se u okolnu atmosferu širio klorovodik, bila je povod donošenju "Zakona o alkalijama" 1863. godine. Sukladno nazivu zakona, i služba koja je obavljala nadzor nad izvorima onečišćenja zraka dobila je naziv "Inspektorat alkalija".

U obnovljenoj verziji zakona, donesenoj 1874. godine, prvi puta je upotrijebljen izraz "Najbolje sprovedive mjere" (Best practicable means: BPM), strategija koja se tek u drugoj polovici ovog stoljeća počela prihvaćati u drugim zemljama. U Zakonu stoji doslovno: "Vlasnik svake tvornice alkalija mora upotrijebiti najbolje sprovedive mjere da bi se spriječilo ispuštanje u atmosferu svih štetnih plinova koji potječu iz takvih tvornica ili da se takvi plinovi učine bezopasnim pri ispuštanju". U svom godišnjem izvještaju iz 1887. godine glavni inspektor alkalija piše: "Vidjet će se, ali mislim da će se odredba o upotrebi "Najboljih sprovedivih mjera" za sprječavanje ispuštanja opasnih plinova pokazati kao jedna elastična traka koja se

1 Mirka Fugaš, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

neprestano priteže kako kemijska znanost napreduje i daje proizvođačima veće mogućnosti. Kad bude potrebno moći će se pokazati da će ovaj pristup pružiti stanovništvu bolju zaštitu nego prihvaćanje bilo kojih fiksnih standarda". I doista se pokazalo da je strategija BPM najbolje rješenje, jer se neprestano prilagođuje novim saznanjima, pa nikad ne zastaruje.

"Inspektorat alkalija", proširio je kasnije djelokrug i na druge velike pogone kemijske industrije, rafinerije nafte, petrokemijsku industriju, metalurške procese, proizvodnju električne energije, tvornice cementa, keramike itd., stavljene na listu pogona pod nadzorom, pa je proširio i naziv u Inspektorat alkalija i čistog zraka. Ostali manji pogoni, koji nisu na popisu, pod nadzorom su lokalnih vlasti. Danas je Inspektorat za čisti zrak posebni samostalni ogranak Inspektorata za zaštitu okoliša, ali se njegova strategija nije promijenila.

Tumačenje izraza BPM dano je u Zakonu o čistom zraku donesenom 1956. godine kao najbolje razumno sprovedive mjere, vodeći računa između ostalog o lokalnim uvjetima i okolnostima, o financijskim obavezama i postojećem tehničkom znanju. Izraz "tehničko znanje" ne odnosi se samo na znanje o tehnologiji, već i o učincima na ljudsko zdravlje, floru i faunu, konstrukcijske materijale, imovinu, poljoprivredu, privlačnost krajolika itd. Prema tome, mjere koje ne uklanjaju opasnost za zdravlje stanovnika i nepovoljne učinke na okoliš ne mogu se smatrati BPM, pa makar bile financijski i praktički prihvatljive. S druge strane, obaveza je svakog proizvodnog poduzeća da provede sve BPM.

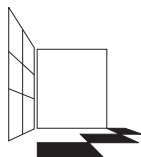
Da bi se ovakve mjere mogle uspješno sprovoditi, potreban je trajni stručni nadzor svih pogona koji se nalaze na listi potencijalnih onečišćivača zraka, a dužni su svake godine obnoviti registraciju. Nadzor uključuje: a/ postavljanje normi emisija i/ili drugih uvjeta za rad pogona koji se revidiraju svakih 5 godina ili ranije, ako su stečena nova saznanja o mogućem štetnom djelovanju emisija, b/ prethodno odobrenje za rad uređaja, c/ trajni rutinski nadzor i provjeravanje rada pogona, d/ pokretanje sudskog postupka ako poduzeće krši odredbe.

Da bi Inspektorat za čisti zrak mogao ove zadatke uspješno sprovoditi, inspektori moraju imati odgovarajuću prednaobrazbu (tehnologija ili procesno inženjerstvo), iskustvo u proizvodnji (barem dvije godine prakse), dopunsku izobrazbu u zaštiti okoliša i moraju stalno pratiti sva kretanja i razvoj proizvodnih i zaštitnih tehnologija u zemlji i u svijetu, kao i saznanja o mogućem štetnom djelovanju tvari iz industrijskih emisija na čovjeka i okoliš, tako da mogu suvereno raspravljati s predstavnicima industrije o najboljim sprovedivim mjerama. Industrija ne smije gledati u njima predstavnike vlasti koji će ih progoniti, već savjetnike koji će im pomoći pri rješavanju problema. Svaki od inspektora na državnoj razini treba se uže specijalizirati za jednu od osnovnih grana proizvodnje, a glavni inspektor je taj koji postavlja i mijenja norme emisija u skladu s napretkom tehnologije i rastućim zahtjevima za bolji okoliš, te svojim potpisom garantira da su primijenjene najbolje raspoložive mjere i da one osiguravaju zaštitu ljudi i okoliša.

Inspektori ne nadziru samo ono što ispušta dimnjak ili neki drugi izvor, već i cijeli tok proizvodnje. Oni moraju provjeriti da li se pravilno provodi održavanje

pogona i da li se rabe instrumenti za nadzor reakcija i preventivnih mjera, da li se upotrebljava odgovarajući građevni materijal, da li su rezervni dijelovi na skladištu, da li se pravilno izobražavaju i nadziru radnici itd. Sve ovo je moguće samo ako inspektori imaju potrebno znanje i iskustvo. Najbolji se rezultati postižu ako postoji dobra suradnja između proizvođača i inspektora i ako se već u fazi planiranja traži savjet inspektora i s njim surađuje sve do realizacije projekta, jer će se tako spriječiti da do nepovoljnog utjecaja na zdravlje ljudi i okoliš uopće dođe, što je mnogo povoljnije i s gledišta zaštite okoliša, ali i ekonomski nego li naknadno ispravljanje učinjenih pogrešaka. Upravo to su shvatili proizvođači u Engleskoj, pa su tužbe zbog prekršaja tamo rijetke.

Ako ne želimo da naši zakoni i uredbe ostanu samo slovo na papiru, već da se učinkovito sprovode, to je put kojim bi morali i mi krenuti.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Barbalić, N.¹, Marijan, G.¹, Jelavić, V.²

Analiza normi za kakvoću zraka znakovitih onečišćujućih tvari

Sažetak: Norme za kakvoću zraka, kako je poznato, među različitim zemljama i/ili skupinama zemalja i/ili itd., značajno se razlikuju. Razlike se uočavaju tek ako se norme iskažu s pomoću svojih bitnih sastavnica: koncentracijskog iznosa, razdoblja motrenja, kvantilske razine i vremena usrednjavanja. Međutim, "predznak" razlika, tj. poredak među različitim normama, najčešće je nemoguće utvrditi i za to je tada nužno primijeniti formalizirane matematičke modele. Za znakovite onečišćujuće tvari (SO_2 , NO_2 , O_3 , lebdeće čestice) dan je cjelovit pregled uglednih normi za kakvoću zraka (WHO, EU, Švicarska, Njemačka, Japan, SAD) i određen je njihov poredak, uključivši tu i hrvatske "PV" i "GV" norme.

Analysis of Air Quality Standards of the Representative Air Pollutants

Summary: Air Quality Standards differ a lot from country to country. These differences can be noticed only if the standards are considered by all of their components: concentration value, monitoring period, quantile level and averaging time. Differences or order between the standards are almost impossible to put in a direct comparison, and therefore it is necessary to apply formalised mathematical models. Air Quality Standards which could serve as a model (WHO, EU, Switzerland, Germany, Japan, USA) for significant pollutants (SO_2 , NO_2 , O_3 , suspended particles) are given and the order among them are determined. Croatian Air Quality Standards "PV" and "GV" are included as well.

1. Uvod

S iznimkom industrijskih područja s emisijama osobitih onečišćujućih tvari, kakvoću zraka uobičajeno određuje sadržanost lebdećih čestica, SO_2 , NO_2 , i O_3 . Posebnu pozornost valja posvećivati preporučenim i graničnim normama upravo tih onečišćujućih tvari te pratiti i razjasniti njihove možebitne izmjene u smjer-

1 Nikola Barbalić, Goran Marijan, HEP - sektor za TE

2 Vladimir Jelavić, Ekoner Holding

nicama Svjetske zdravstvene organizacije i u propisima zemalja koje se smatraju uzorom glede njihova odnosa prema okolišu.

2. Cjelovito iskazivanje normi za kakvoću zraka i primjeri normi za SO_2 , NO_2 , O_3 i lebdeće čestice

Norme kakvoće zraka su složene veličine. Njihove obvezne sastavnice jesu: trajanje razdoblja motrenja (razdoblje motrenja) - T , vrijeme usrednjavanja - t , razina kvantila - p , vrijednost koja se uspoređuje s koncentracijskim iznosom ctp utvrđenim mjerenjem - X_{tp} .

Dakle, granična vrijednost kakvoće zraka jest uređena četvorka:

$$G_{\tau p} = \langle T, \tau, p, X_{\tau p} \rangle, \quad \tau \subset T, \quad p \in [0, 1] \quad (1)$$

Dogovorno:

$$\text{za } \tau = T: X_{\tau p} = X_{T1} = \bar{X} \quad (\text{srednja vrijednost}) \quad (2)$$

$$\text{za } p = 1 - \tau / T: X_{\tau p} = X_{\tau, 1 - \tau / T} = X_{\max}; \quad \text{za } p = 1 - 2\tau / T: X_{\tau p} = X_{\tau, 1 - 2\tau / T} = X_{\max 2} \quad (3)$$

Ponekad je granične vrijednosti kakvoće zraka nužno odrediti i s pomoću većeg broja sastavnica (npr. dopunskim uvjetima glede vremenskog niza mjernih rezultata ili točne naznake vremena početka mjerenja ili sl.). Također, često se norme kakvoće zraka zadaju s pomoću sustava koji sadrži dvije ili više graničnih vrijednosti G (jedn. 1.).

U tablicama 1. - 4. navedene su ugledne norme (skupovi graničnih vrijednosti) kakvoće zraka znakovitih onečišćujućih tvari, redom, SO_2 , NO_2 , O_3 i lebdećih čestica, prema stanju 1998. godine. U tablicama 1. - 4. kratica S označava srednju godišnju vrijednost, a kratica $S/\check{C}$ u tablici 4. označava granične vrijednosti lebdećih čestica koje uvjetuju primjenu odgovarajuće granične vrijednosti za SO_2 . Već površan pogled na tablice dovoljan je da se uoči velika raznolikost glede vrijednosti sastavnica τ , p , $X_{\tau p}$.

Valja naglasiti da, općenito, u odnosu prema stupnju mogućih štetnih utjecaja na prijarnike u okolišu, norme kakvoće zraka mogu imati značenje poželjnih ("preporučenih") ili graničnih ("podnošljivih") razina kakvoće zraka. U uredbi [1] te su razine, redom, određene veličinama PV i GV . Međutim, samo s pomoću razlika uzrokovanih "poželjnim" ili "podnošljivim" značenjem normi ne mogu se objasniti sve razlike među sastavnicama različitih normi [8].

Tablica1. Norme kakvoće zraka za SO₂ (T = 8760 h)

Priloga (21)	1	24	1,37	1,25	a	1
	2	1	1,37	2,50		1
	3			50	b	1
Priloga (21)	1	24	0,02	250	a	1
	1	24	0,50	30	d	1
	2	24	0,02	250	e	1
	3	24	0,50	130	f	1
Priloga (21)	1	1,5	1,37	500		2
Priloga (21)	2		WFOQ = 1,37		g	2
	3		WFOQ = 1,37			2
Priloga (21)	1	1,0	0,05	100		4
	2	24	1,37	100		4
	3	2360		20		4
Priloga (21)	1	24	1,37	250		5
Priloga (21)	2	2360		30		5
	3	2	1,37	1300		5
Priloga (21)	1	1,0	0,02	400		6
	2	2360		140		6
Priloga (21)	1	1	1,37	250		7
	2	24	1,37	130		7
a) Priloga (21)	X	Priloga (21) za izračunavanje F, T, p, 100 - 50 Hg/m ³ [2]				
b) Priloga (21)	X	Priloga (21) za izračunavanje F, T, p, 40 - 60 Hg/m ³ [2]				
c) Priloga (21)		(tablica 4)				
d) Priloga (21)		(tablica 4)				
e) Priloga (21)		(tablica 4)				
f) Priloga (21)		(tablica 4)				
g) Priloga (21)		Priloga (21) za izračunavanje F, T, p, 100 - 50 Hg/m ³ [2]				

3. Postupak usporedbe normi za kakvoću zraka

Usporedba različitih graničnih vrijednosti kakvoće zraka znači međusobnu usporedbu četvorki $G_i = \langle T, \tau, p, X \rangle_p$ ($i = 1, 2, \dots$). Usporedba je moguća ako raspodjela mjernih rezultata pripada uvijek istom tipu raspodjele, bez obzira na vrijednost vremena usrednjavanja t , a postoje dovoljni razlozi da se takav postupak primijeni na log-normalnu raspodjelu. Tada je svakoj četvorki $G_{\tau,p}$ (jedn. 1.) pridružena jedna i samo jedna tzv. usporedbena funkcija [9]:

$$A_{\tau,p} = e^{\left(\frac{1}{2} b \ln \frac{T}{\tau} - y_p \sqrt{b} \sqrt{\ln \frac{T}{\tau} + \ln X} \right)} \quad (4)$$

gdje je y_p parametar normirane normalne raspodjele za vrijednost p .

Sustavu normi N koji uključuje više graničnih vrijednosti G' , G'' , ..., čije su usporedbene funkcije, redom, A' , A'' , ... odgovara, također, usporedbena funkcija:

$$\Phi(b) = \inf\{A', A'', \dots\} \quad (5)$$

Tablica 2. Norme kakvoće zraka za NO_2 ($T = 8760$ h)

Norma (EU)	5	24	0,02	50		1
Norma (EU)	5	24	0,02	40		1
Norma (EU)	5	24	0,02	100		1
Norma (EU)	5	24	0,02	200		1
Norma (WHO)	5	24	0,02	50		1
Norma (WHO)	5	24	0,02	400		2
Norma (WHO)	5	24	0,02	150		2
Norma (WHO)	5	24	0,02	300		2
Norma (WHO)	5	24	0,02	100		4
Norma (WHO)	5	24	0,02	20		4
Norma (WHO)	5	24	0,02	20		4
Norma (WHO)	5	24	0,02	125		2
Norma (WHO)	5	24	0,02	50		2
Norma (WHO)	5	24	0,02	50		2
Norma (WHO)	5	24	0,02	100		5
Norma (WHO)	5	24	0,02	200		6
Norma (WHO)	5	24	0,02	20		6
Norma (WHO)	5	24	0,02	100		1

a) Proporcionalna funkcija odstupanja od norme
b) Proporcionalna
c) Za N proporcionalna odstupanja od norme

Za dva sustava normi N_i i N_j čije su usporedbene funkcije, redom, F_i , F_j vrijedi:

$$\Phi_i < \Phi_j \rightarrow N_i \succ N_j; \Phi_i = \Phi_j \rightarrow N_i = N_j; \Phi_i > \Phi_j \rightarrow N_i \prec N_j \quad (6)$$

gdje znakovi $\succ$ znače, redom, “strože od” i “blaže od”. U koordinatnom sustavu $\{O, b, A(b)\}$, ($b \geq 0, A(b) \geq 0$) graf funkcije $\Phi(b)$ je po dijelovima glatka krivulja koja dijeli prostor ($b \geq 0, A(b) \geq 0$) na dva dijela pa je, prema relacijama (6), razvidna usporedba normi (sustava normi) u grafičkoj interpretaciji. No takva usporedba određuje samo poredak među normama, bez količinskog određenja. Zbog toga je uputno računati relativno odstupanje jedne u odnosu prema drugoj normi: Neka je Φ_M usporedbena funkcija nekog zadanog sustava normi N_M , a Φ_i usporedbena funkcija nekog sustava normi N_i koji treba usporediti s N_M . Relativno odstupanje u ovisnosti o parametru b , bit će:

$$\mathcal{R}(b) = \frac{\Phi_i - \Phi_M}{\Phi_M} \quad (7)$$

a ukupno relativno odstupanje norme N_i u odnosu prema normi N_M za vrijednosti parametra b iz razmaka (b_1, b_2) , za koje se očekuje primjena normi, jest:

$$ROI(b_1, b_2) = \int_{b_1}^{b_2} \mathcal{R}(b) db \quad (8)$$

Tablica 3. Norme kakvoće zraka za O_3 ($T = 8760$ h)

Norma (PVC)	τ	p	$X_{\tau p}$	Opis	Norma (PVC)
Hrvatska (PVC)	1	0.4	0.02	110	1
Hrvatska (PVC)	1	0.4	0.02	150	1
Hrvatska (PVC)	2	1	0.02	120	1
Švicarska (CFF)	1	1	1.0 PF	125	2
Organizacija (WHO)	0	0	1.0 PF	110	0
Organizacija (WHO)	2	1	1.0 PF	150	2
Organizacija (WHO)	4	2	1.0 PF	120	2
Švicarska (CFF)	1	1	1.0 PF	120	4
Švicarska (CFF)	0	1.0	0.02	100	4
Švicarska (CFF)	1	0	1.0 PF	110	0
Švicarska (CFF)	2	1	1.0 PF	200	2
Švicarska (CFF)	3	0.4	1.0 PF	50	0
Švicarska (CFF)	4	1	1.0 PF	120	2
Švicarska (CFF)	5	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	6	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	7	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	8	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	9	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	10	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	11	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	12	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	13	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	14	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	15	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	16	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	17	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	18	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	19	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	20	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	21	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	22	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	23	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	24	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	25	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	26	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	27	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	28	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	29	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	30	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	31	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	32	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	33	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	34	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	35	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	36	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	37	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	38	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	39	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	40	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	41	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	42	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	43	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	44	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	45	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	46	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	47	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	48	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	49	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	50	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	51	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	52	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	53	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	54	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	55	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	56	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	57	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	58	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	59	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	60	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	61	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	62	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	63	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	64	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	65	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	66	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	67	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	68	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	69	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	70	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	71	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	72	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	73	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	74	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	75	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	76	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	77	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	78	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	79	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	80	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	81	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	82	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	83	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	84	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	85	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	86	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	87	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	88	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	89	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	90	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	91	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	92	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	93	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	94	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	95	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	96	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	97	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	98	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	99	1	1.0 PF	250	0
Švicarska (CFF)	100	1	1.0 PF	250	0

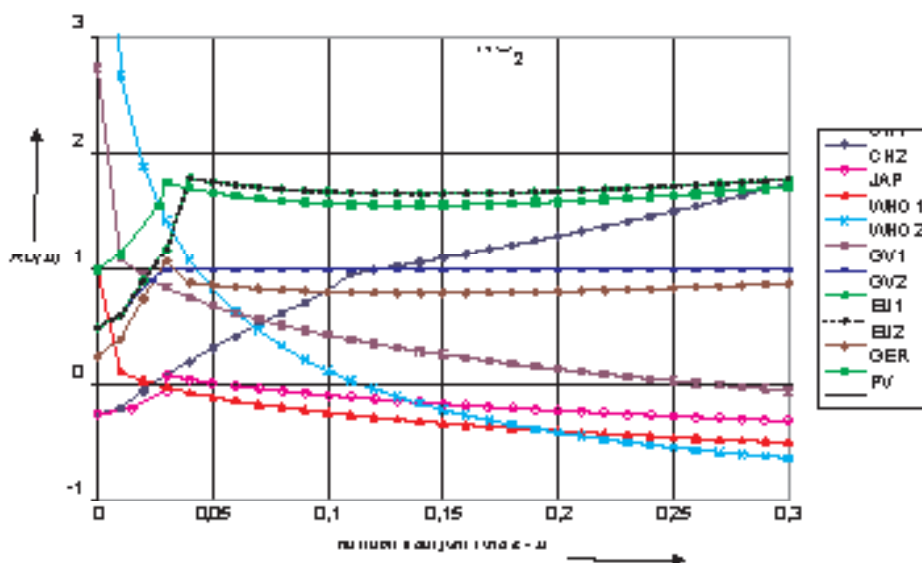
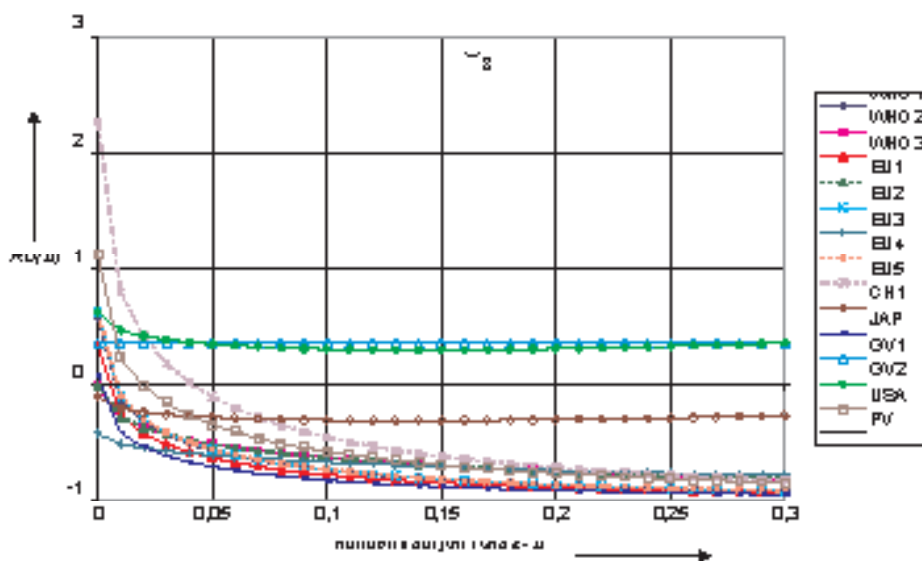
*Zbog osobitosti izričaja, usporedba norme nije obavljena

4. Usporedba uglednih normi za kakvoću zraka

Opisani postupak primijenjen je za usporedbu normi. Računanje je obavljeno na temelju vrijednosti τ , p , $X_{\tau p}$ navedenih u tablicama 1. - 4., korištenjem jednadžbe (7). Radi jednoobraznosti, u jednadžbi (7) je za usporedbenu funkciju Φ_M uvijek birana hrvatska PV - norma. Tada je, npr., za SO_2 , prema oznakama u tablici 1.:

$$\Phi_M(b) = \inf\{A_{PV1}(b), A_{PV2}(b), A_{PVS}(b)\} \quad (9)$$

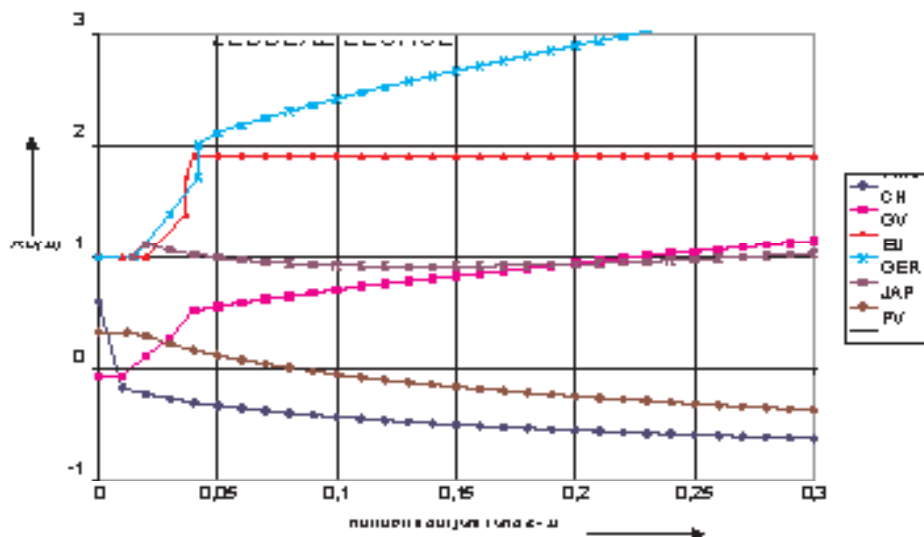
a za $\Phi_i(b)$ su uzimani ili infimumi ostalih normnih sustava ili samo funkcije $A(b)$ koje odgovaraju pojedinačnoj graničnoj vrijednosti. Izračunate vrijednosti funkcija $RO(b)$, za SO_2 , NO_2 , O_3 i čestice, prema jednadžbi (7), i njihovi grafovi prikazani su, redom, na slikama 1. - 4. Cjelovito, norme ima smisla uspoređivati na temelju jedn.(8), u kojoj granice integrala ($b1$, $b2$) odgovaraju razmaku uobičajenih realizacija vrijednosti b u stvarnosti. Tada, prema uzoru u jedn. (6), za poredak među normama N_i i N_j vrijedi:

Slika 2. Usporedba normi kakvoće zraka za NO₂ (oznake prema tablici 2.)Slika 3. Usporedba normi kakvoće zraka za O₃ (oznake prema tablici 3.)

$$ROI_i(b_p b_2) < ROI_j(b_p b_2) \rightarrow Ni \prec Nj \quad (10)$$

i sl. Izbor razmaka ($b_p b_2$) valja obaviti na temelju iskustvenih podataka. Iz grafičkih prikaza na sl. 1., 2., i 4. slijedi da normama za "nadzor" dugotrajnog djelovanja (ili $t = 8760$ h ili $p = 0,5$ u tabl. 1., 2., i 4.) odgovara približno razmak $(b_p b_2) \equiv (0 ; 0,05)$, a time je ujedno određena i donja granica b1 normi za "nadzor" kratkotra-

jnog djelovanja. Njoj pripadna gornja granica izabrana je na temelju raščlambe mnogobrojnih publiciranih radova o raspodjeli rezultata mjerenja onečišćujućih tvari u jednogodišnjem razdoblju. Tako je normama za nadzor kratkotrajnog djelovanja pridružen razmak $(b_p, b_2) \equiv (0,05 ; 0,25)$. Iznimno, za O_3 , za koji se ne postavljaju norme za dugotrajno djelovanje, uzeto je $(b_1, b_2) \equiv (0 ; 0,25)$.



Slika 4. Usporedba normi kakvoće zraka za lebdeće čestice (oznake prema tablici 4.)

Tablica 5.: SO_2 - poredak normi (oznake prema tablici 1.)

- za dugotrajno djelovanje:

Norma	CH	GV	BI	GER	JAP	PV
$POK(p, \Delta)$	0,015	0	0	0,020	0,042	0,051
redak	1	2	3	4	5	6

Norma	CH	GV	BI	GER	JAP	PV
$POK(p, \Delta)$	0,031	0,051	0	0,073	0,105	0,125
redak	1	2	3	4	5	6

Tablica 6. NO_2 - poredak normi (oznake prema tablici 2.)

Norma	CH	GV	BI	GER	JAP	PV
$POK(p, \Delta)$	0,002	0	0,004	0,007	0,012	0,014
redak	1	2	3	4	5	6

Norma	CH	GV	BI	GER	JAP	PV
$POK(p, \Delta)$	0,002	0,004	0,007	0	0,012	0,014
redak	1	2	3	4	5	6

Norma	CH	GV	BI	GER	JAP	PV
$POK(p, \Delta)$	0,200	0,207	0,317	0,337	0,398	
redak	7	8	9	10	11	

Tablica 7. O₃ - poredak normi (oznake prema tablici 3.)

norma	JAP	EU1	EU2	EU3	WHO2	EU1
ROI(b ₁ , b ₂)	-0,196	-0,171	-0,169	-0,168	-0,166	-0,156
poredak	1	2	3	4	5	6/7

norma	USA	EU5	CH1	PV	GV2	GV1
ROI(b ₁ , b ₂)	-0,178	-0,087	-0,070	0	0,085	0,091
poredak	8	9	10	11	12	13

Tablica 8. Lebdeće čestice - poredak normi (oznake prema tablici 4.)

norma	WHO	PV	CH	JAP	GER	GV	EU
ROI(b ₁ , b ₂)	0,002	0	0,011	0,012	0,052	0,067	0,070
poredak	1	2	3	4	5	6	7

norma	WHO	JAP	PV	CH	GER	GV	EU
ROI(b ₁ , b ₂)	0,006	0,037	0	0,011	0,122	0,222	0,221
poredak	1	2	3	4	5	6	7

5. Zaključak - rezultati usporedbe i poredak

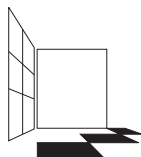
Rezultati izračunavanja vrijednosti ukupnog relativnog odstupanja ROI(b₁, b₂) i poredak, od strožih prema blažim normama, prikazani su u tablicama 5. - 8. gdje su vrijednosti ROI približna mjera intenziteta odstupanja od PV - normi. Na temelju grafičkih prikaza (sl. 1. - 4.) i vrijednosti u tablicama 5. - 8. moguće su različite raščlambe i razmatranja. Tako, npr., za hrvatske PV i GV norme slijedi: (i) PV i GV za SO₂, NO₂ i čestice znače "bolju" ili "približno jednaku" kakvoću zraka u odnosu prema kakvoći zraka koju znače ugledne norme; (ii) Za O₃ su PV malo, a GV mnogo blaže u odnosu prema zahtjevima uglednih normi.

Literatura

1. Uredba o preporučenim i граниčnim vrijednostima kakvoće zraka, , Narodne novine br. 101., str. 4198 - 4200, 1996,
2. Clean Air Around the World (Ed. M. Loveday), IUAPPA, Third edition, Brighton 1995, pp. 369, 391, 393,
3. WHO Regional office for Europe, Health related air quality indicators and their application in health impact assessment in HEGIS Report on a WHO Consultation, Sosnowiec, 1995, pp. 14 - 15,
4. Der Schweizerische Bundesrat, Luftreinhalteverordnung (LRV) - (SR 814.318.142.1), Dezember 1985. (Stand am 1. Juli 1993),
5. 40 CFR part 50, pp. 704-707, U.S. Environmental Protection Agency (EPA), Revised as of July 1, 1995,
6. Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft (GmBl. No 7), Bonn 1986,
7. Clean Air Around the World (Ed. M. Loveday), IUAPPA, Second edition, Brighton, 1991, pp. 225, 231,
8. Barbalčić N., Jelavić V.: Ocjena kakvoće zraka (II): Značenje imisijskih i prijamskih uvjeta u imisijskom prelazu; Imisijski rizik, Gospodarstvo i okoliš 5 (1997), str. 389 - 393,
9. Barbalčić N., Marijan G., Jelavić V.: Razvoj teorijskog predloška za procjenu uvjeta o kakvoći zraka za nove termoelektrane na ugljen, Energija 47 (1998), str. 357 - 374.

Tema 2

Emisije



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Varaždinec, Z.¹, Barbalić, N.¹, Teparić, Z.¹

Značenje sastavnica emisijskih normi za određivanje i vrednovanje emisijskih uvjeta

Sažetak: *U primjeni se emisijske norme uobičajeno vrednuju samo na temelju koncentracijskog iznosa, zanemarujući i njihove druge sastavnice. Međutim, posebno pri kontinuiranim mjerenjima, te druge sastavnice bitno određuju stvarno značenje emisijskih normi. U radu je dan kratak pregled uglednih emisijskih normi, uključivši i hrvatske GVE, za bitne onečišćujuće tvari. Ukazano je na njihove razlike s obzirom na značajke izvora (npr., termoenergetska postrojenja, spalionice i sl.) i s obzirom na zemlje/skupine zemalja u kojima se primjenjuju. Upozoreno je na mogućnosti njihove pristrane primjene. Razmatrane su razlike emisijskih uvjeta koji se postavljaju ponuđačima novih termoenergetskih objekata u odnosu prema stvarnom značenju emisijskih normi.*

Importance of the components of emission standards for establishing and evaluating emission conditions

Summary: *In practice, emission standards are usually evaluated only on the bases of concentration values, while the other components of them are neglected. However, those other components essentially determine real character of emission standards, especially in the case of continous measurements.*

A brief overview of emission standards which can be used as a model including the Croatian "emission limit values" (GVE) for most important pollutants are given. The existing differences between various emission standards concerning characteristics of various sources (e.g. thermoenergetic plants, incineration plants, etc.) and various different countries / association of countries where they used to be applied, are pointed out. The possibility of their biased application is layed out. Differences between emission conditions requested for biding new thermoenergetic objects in comparison to real meaning of emission standards are considered.

1. Uvod

U Hrvatskoj su 1997. godine, Uredbom [1], propisane granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (GVE). Poslodavci, vlasnici ili korisnici stacionarnog ili difuznog izvora onečišćenja zraka dužni su [2]:

¹ Zlatko Varaždinec, Nikola Barbalić, Zlatan Teparić, HEP – Sektor za termoelektrane

- izvore onečišćenja zraka izgraditi i/ili proizvesti, odnosno opremiti, rabiti i održavati tako da ne ispuštaju u zrak onečišćujuće tvari iznad graničnih vrijednosti emisija,
- osigurati redovito praćenje (mjerenje i/ili proračunavanje) emisije iz izvora i o tome voditi očevidnik,
- osigurati redovito dostavljanje podataka o emisijama u katastar emisija u okoliš.

Slijedi da su granične vrijednosti emisije temeljno oruđe u provođenju zaštite i poboljšanja kakvoće zraka. Na to upućuje učestalost i intenzitet njihovih promjena (postroženja) u svijetu, u zadnjih nekoliko desetljeća.

2. Značenje cjelovitog iskazivanja emisijskih normi

Emisijske norme za jednu određenu onečišćujuću tvar propisuju se u ovisnosti o vrsti i veličini (kapacitetu) izvora onečišćenja, za točno određene pogonske, mjeriteljske i druge uvjete koji imaju, ili bi mogli imati, značenje za provedbu mjera zaštite i poboljšanja kakvoće zraka. One su, najčešće, skup većeg broja graničnih vrijednosti emisije. Međutim, u općoj primjeni – redovito, a u stručnoj i znanstvenoj literaturi (i vrlo uglednoj, npr. [3,4]) – često, emisijske se norme navode nepotpuno: s pomoću vrijednosti jedne veličine – “dugotrajne koncentracije” (u ovome tekstu: temeljna vrijednost/veličina), koja je samo jedna od većeg broja sastavnica emisijskih normi.

Neka je N emisijska norma za određenu onečišćujuću tvar propisana za emisijske izvore točno određenih značajki u odnosu prema vrsti, veličini, kapacitetu, starosti, i sl. U općem slučaju je emisijska norma skup većeg broja graničnih vrijednosti G_i :

$$N = \{G_i\}, \quad (i = 1, m) \quad (1)$$

gdje je, dalje, svaka granična vrijednost složena veličina – informacijski vektor, čije sastavnice α_j (komponente) određuju primjenu emisijske norme:

$$G_i = \langle \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_j, \dots, \alpha_n \rangle, \quad (i = 1, m; j = 1, n) \quad (2)$$

Temeljne sastavnice α_j jesu :

(i) Koncentracijska vrijednost – X_i . Uobičajeno se zadaje za graničnu vrijednost propisanu za najduže vrijeme usrednjavanja – nazvat će se, ovdje, temeljna vrijednost/veličina emisijske norme ($X = X_i$). Za ostale granične vrijednosti zadaje se s pomoću umnoška temeljne vrijednosti i zadanog čimbenika:

$$X_i = k_i X, \quad (i = 1, m) \quad (3)$$

Npr. u Uredbi [1] je $k_1 = 1$, $k_2 = 1,2$, $k_3 = 2$.

- (ii) **Vrijeme usrednjavanja** – τ_i . Ako je $c(t)$ koncentracijski tok emisijskog izvora u razdoblju $[0, T]$, tada je funkcijom :

$$c_{\hat{\sigma}}(t) = \frac{1}{\hat{\sigma}} \int_{t-\hat{\sigma}}^t c(u) du, \quad t \in [\hat{\sigma}, T] \quad (4)$$

izravno određen neprekidni skup “pomičnih” srednjih vrijednosti za vrijeme usrednjavanja τ_i i, dalje, konačni skup srednjih vrijednosti za vrijeme usrednjavanja τ :

$$c_{\hat{\sigma}k} = \int_{(k-1)\hat{\sigma}}^{k\hat{\sigma}} c(t) dt, \quad (k = 1, 1; 1 \hat{\sigma} = T) \quad (5)$$

u vremenskom razmaku $[0, T]$. Koncentracijske vrijednosti X_i izabrane su tako da se izravno uspoređuju s vrijednostima $c_{\tau k}$ (jedm. 7.) ili, vrlo rijetko, s vrijednostima $c_i(t)$ – (jedm. 6), za jedno i samo jedno vrijeme usrednjavanja τ . Npr., u Uredbi [1] je $\tau_1 = 24$ h, $\tau_2 = 1/2$ h, a prema švicarskim propisima je $\tau_1 = 24$ h, $\tau_2 = 1$ h [5].

- (iii) **Kvantilska razina** – q_i .

Kvantilska razina granične vrijednosti G_i određuje udio mjernih rezultata čije vrijednosti moraju biti manje od odgovarajuće koncentracijske vrijednosti X_i . Npr. prema [1]:

$$q_1 = q_2 = 1 - \frac{\hat{\sigma}}{T}, \quad q_3 = 0,9 \quad (6)$$

- (iv) **Razdoblje motrenja** (vrednovanja) – T . To je razdoblje unutar kojeg se vrednuje skup mjernih vrijednosti. Uobičajeno, razdoblje motrenja je jedna godine – najčešće kalendarska godina, npr. [1,5,6].

Međutim, valja upozoriti da u većine propisa (npr. ovdje nabrojenih u popisu literature) nije jasno (eksplicite) iskazano značenje mjernih vrijednosti koncentracije u razdobljima kad postrojenje ne radi: jesu li tada vrijednosti $c_{\tau}(t)$ i $c_{\tau k}$ (jedm. 6. i 7.) identički jednake nuli ili uopće ne postoje. Praktički, pitanje jest: treba li u jednadžbama (6) i (7) razdoblje motrenja T uvrštavati prema kalendarskim odrednicama, ili prema (predviđenom/prosječnom) broju radnih sati u tom razdoblju. Prema smjernici Europske unije [7] slijedi da je T broj radnih sati u razdoblju vrednovanja. Prema takvom naputku postupat će se, dalje, i u ovom radu.

- (v) **Vlažnost dimnog plina** – r_v . Koncentracijske vrijednosti X_i mogu se odrediti odnosom mase i obujma, ili suhog (nakon oduzimanja udjela vlage) ili vlažnog

(bez oduzimanja udjela vlage), otpadnog plina. Ako su X_v i X_s koncentracijske vrijednosti u odnosu prema, redom, vlažnom i suhom plinu, uz uvjet jednakog značenja, među njima mora postojati odnos :

$$\frac{X_s}{X_v} = 1 - r_v \quad (7)$$

gdje je r_v udio vlage u plinu. U suvremenim propisima, ako ne postoje iznimni razlozi, koncentracijske su vrijednosti uvijek određene u odnosu prema suhim otpadnim plinovima.

- (vi) **Normirano stanje otpadnog plina** – p_n , T_n . Koncentracijske vrijednosti X_i znače odnos mase onečišćujuće tvari i obujma suhih otpadnih plinova u normiranom stanju. Normirano stanje plina određeno je odabranim/normiranim vrijednostima tlaka i temperature, redom, p_n i T_n . Ako su X_1 i X_2 koncentracijske vrijednosti određene prema normiranim stanjima, redom, 1 i 2, među njima vrijedi odnos :

$$\frac{X_1}{X_2} = \frac{T_{n1} \cdot p_{n1}}{T_{n2} \cdot p_{n2}} = \frac{\tilde{n}_{n1}}{\tilde{n}_{n2}} \quad (8)$$

gdje je ρ_n gustoća otpadnog plina u normiranom stanju. U Europi je normirano stanje, najčešće, određeno vrijednostima: $p_n = 101,3$ kPa i $T_n = 273$ K [1,5,6,7].

- (vii) **Udio kisika** – $r(O_2)$. Koncentracijske vrijednosti emisijskih normi određene su u odnosu prema otpadnom plinu koji nije razblažen više nego što je to tehnički i pogonski neizbježno. Mjera te razblaženosti jest udio kisika u otpadnom plinu. Ako su X_1 i X_2 koncentracijske vrijednosti određene za udjele kisika, redom $r_1(O_2)$ i $r_2(O_2)$ u otpadnom plinu, među njima, uz uvjet jednakog značenja, mora postojati odnos :

$$\frac{X_1}{X_2} = \frac{0,2 - r_1(O_2)}{0,2 - r_2(O_2)} \quad (9)$$

S obzirom na jedn. (9) slijedi da je, vrlo često, besmislena usporedba na temelju samo koncentracijskih iznosa.

Nabrojeno je samo sedam sastavnica graničnih vrijednosti emisije, za koje se sa sigurnošću može ustvrditi da su najvažnije. No, i svaki drugi podatak koji određuje različitost koncentracijskih iznosa mogao bi se smatrati sastavnicom graničnih vrijednosti emisije. Ipak, emisijske norme ima smisla razmatrati i uspoređivati samo unutar jednakih ili vrlo sličnih razreda proizvodnih pogona te je, unutar takvih razreda, broj nabrojanih sastavnica graničnih vrijednosti emisije, općenito dovoljan. Neka se pretpostavi da se svakoj graničnoj vrijednosti G_i , s obzirom na sastavnice (i) – (vii), može pridružiti (samo) jedna vrijednost $P(G_i) \geq 0$ – mjera strogoće granične vrijednosti, tj :

$$P(G_i) < P(G_j) \leftrightarrow G_i \prec G_j, \quad (i \neq j) \quad i \in I. \quad (10)$$

gdje znak “ $\prec$ ” znači “strože od” (“ $\prec$ ” – blaže od). Općenito je, prema oznakama sastavnica (i) – (vii) :

$$P(G_i) = P(X, \hat{\delta}, q, T, r_v, \tilde{n}_n, r(O_2))_i \quad (11)$$

i, dalje, prema značenju sastavnica:

$$\frac{\partial P}{\partial X} < 0; \frac{\partial P}{\partial \hat{\delta}} > 0; \frac{\partial P}{\partial q} < 0; \frac{\partial P}{\partial T} < 0; \frac{\partial P}{\partial r_v} > 0; \frac{\partial P}{\partial \tilde{n}_n} < 0; \frac{\partial P}{\partial r(O_2)} > 0 \quad (12)$$

iz čega, prema (10), slijedi njihov utjecaj na strogoću graničnih vrijednosti.

Valja uočiti da su, od nabrojenih, sastavnice (v) – (vii) unutar jednog “proizvodno- pogonskog” razreda, prema različitim propisima, ili međusobno jednake ili “malo” različite, a jednostavna im je prilagodba prema jedn. (7, 8, 9). To, međutim, ne vrijedi i za nabrojene sastavnice (i) – (iv). Za njihovu možebitnu prilagodbu nužno je koristiti se iskustvenim podacima i/ili razviti odgovarajuće matematske predloške.

Uvažavajući prethodna razmatranja i s nakanom korištenja već razrađenog postupka za vrednovanje graničnih vrijednosti kakvoće zraka [10], usvaja se da je, za određenu onečišćujuću tvar i određeni “proizvodno-pogonski” razred, graničnu vrijednost emisije dovoljno iskazati uređenom četvorkom:

$$G_i = \langle X, \hat{\delta}, q, T \rangle_i, \quad \hat{\delta} \in T, \quad q \in [0, 1] \quad (13)$$

Valja, ipak, primijetiti da izbor uređene četvorke u obliku (13), s obzirom na razmatranja u vezi sa sastavnicama (iv) i (vii), vjerojatno nije najbolji i “ustupak” je, zasad, sklopu vrednovanja graničnih vrijednosti u području praćenja kakvoće zraka.

3. Primjer za velika ložišta na kruta goriva

U tablici 1. navedeni su ugledni primjeri graničnih vrijednosti emisije za čestice, SO_2 i NO_x u usporedbi s hrvatskim GVE – vrijednostima, za razred najvećih ložišta ($> 500 \text{ MW}_t$) na kruta goriva.

Od sastavnica graničnih vrijednosti emisije (i) – (vii), nabrojenih u prethodnom odjeljku, nepromjenjive su navedene u zaglavlju tablice 1. Za švicarske norme prethodno je obavljeno preračunavanje na udio kisika u otpadnim plinovima od 7 %. Također, vrijeme motrenja T odabrano je da uvijek iznosi 7000 h (procjena radnih sati vrlo velikih ložišta na kruta goriva u godini) – to je veličina nužna za predložak vrednovanja emisijskih normi. Konačno, radi usporedbe, u tablici 1. su

navedena stvarna značenja zahtjeva koji su, glede emisijskih uvjeta, bili postavljeni ponuđačima namjeravane gradnje termoelektrane na ugljen 2 x 350 MW [8]. Iako sve navedene norme (tj. skupovi njima odgovarajućih graničnih vrijednosti) imaju isti uzor (EU- smjernica [7]), prema podacima u tablici 1. slijedi da među njima postoje manje ili više uočljive razlike. Ako nisu ispoljene među temeljnim vrijednostima, razlike se uočavaju samo uz razumijevanje značenja svih sastavnica graničnih vrijednosti emisije, te i ovih potonjih kao elemenata jednog cjelovitog skupa – emisijske norme.

Tablica 1. Primjer emisijskih normi/graničnih vrijednosti emisije za čestice, SO_2 i NO_x – za razred najvećih ložišta ($>500 \text{ MW}_l$) na kruta goriva ($p_n = 101,3 \text{ kPa}$, $T_n = 0^\circ \text{C}$, $r(\text{O}_2) = 6\%$, $r_v = 0$, $T = 7000 \text{ h}$)

	vrijednosti	h	g/GJ	mg/m ³	
čestice					
Norma (EU)	1	24 x 30	1/GJ	50	[7]
	2	48	0,07	55	
Norma (GFR)	1	24	1/GJ	50	[9]
	2	1,0	0,07	60	
	3	1,0	1/GJ	100	
Norma (CH)	1	24	1/GJ	54	[5]
	2	1	0,07	64	
	3	1	1/GJ	107	
Norma (CJ/B)		48000	Njemačka		[1]
Zaključ (ZF)	1	1,0	1/GJ	50	[8]
SO_2					
Norma (EU)	1	24 x 30	1/GJ	400	[7]
	2	48	0,07	440	
Norma (GFR)	1	24	1/GJ	400	[9]
	2	1,0	0,07	430	
	3	1,0	1/GJ	800	
Norma (CH)	1	24	1/GJ	429	[5]
	2	1	0,07	514	
	3	1	1/GJ	857	
Norma (CJ/B)		48000	Njemačka		[1]
Zaključ (ZF)	1	1,0	1/GJ	400	[8]
NO_x					
Norma (EU)	1	24 x 30	1/GJ	650	[7]
	2	48	0,05	715	
Norma (GFR)	1	24	1/GJ	200	[9]
	2	1,0	0,07	240	
	3	1,0	1/GJ	400	
Norma (CH)	1	24	1/GJ	214	[5]
	2	1	0,07	257	
	3	1	1/GJ	429	
Norma (CJ/B)	1	24	1/GJ	650	[1]
	2	1,0	0,07	790	
	3	1,0	1/GJ	1300	
Zaključ (ZF)	1	1,0	1/GJ	400	[8]

* Vrijednosti iz izvornika [8] preračunate s $r(\text{O}_2) = 7\%$ na $r(\text{O}_2) = 6\%$

Radi jasnoće i razlikovnosti, u ovom tekstu nazivlje je rabljeno sa sljedećim značenjem: **Emisijska norma** je složena veličina kojom se propisuje ograničenje emisije u zrak (za jednu određenu onečišćujuću tvar, za određeni razred emisijskih izvora). U općem slučaju, emisijska norma je skup većeg broja **graničnih vrijednosti emisije** koje su cjelovito određene uređenom četvorkom vrijednosti, sa značenjem prema jedn. (13). **Temeljna veličina/vrijednost** emisijske norme je “nazivni” koncentracijski iznos na temelju kojeg se izračunavaju (jedn. 3.) koncentracijske vrijednosti graničnih vrijednosti emisijske norme.

4. Predložak usporedbe emisijskih normi i primjeri

Za usporedbu graničnih vrijednosti emisije iskoristit će se predložak koji se uspješno promjenjuje za raščlambu i usporedbu graničnih vrijednosti kakvoće zraka Š10Ć. Najbitnija značajka tog predloška jest da je utemeljen na iskustveno dokazanom svojstvu niza pojedinačnih vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku: visoka vjerojatnost (približno) log-normalne raspodijeljenosti. Slijedi da je, u primjeni za usporedbu graničnih vrijednosti emisije, taj predložak nepouzdan u mjeri u kojoj stvarna raspodjela niza emisijskih vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari odstupa od log-normalne.

Izvršne odrednice predloška primijenjenog na emisijske norme, prema [10], jesu:

- Za svaku graničnu vrijednost emisije, tj. njoj pridruženu uređenu četvorku (13), može se napisati jedna i samo jedna tzv. “usporedbena funkcija” :

$$Z(b) = \exp \left[0.5b \log(T/\bar{\sigma}) - y_q \sqrt{b_q \log(T/\bar{\sigma}) + \log X} \right], (b \geq 0) \text{ (log-osnova } e) \quad (14)$$

gdje je b promjenjiva veličina (mjera odstupanja vrijednosti emisijskih koncentracija od središnje tendencije) a y_q je parametar normirane normalne raspodjele za vrijednost q .

- Usporedbena funkcija emisijske norme N_j , koja je skup većeg broja (m) graničnih vrijednosti, jest :

$$\tilde{A}_j(b) = \inf_i \{Z_i(b)\}, (i = 1, m) \quad (15)$$

- Za dvije različite norme N_i i N_j čije su usporedbene funkcije, redom G_i i G_j , za svako $b \geq 0$ vrijedi samo jedna od relacija :

$$\tilde{A}_i < \tilde{A}_j \Leftrightarrow N_i < N_j, \tilde{A}_i = \tilde{A}_j \Leftrightarrow N_i = N_j, \tilde{A}_i > \tilde{A}_j \Leftrightarrow N_i > N_j \quad (16)$$

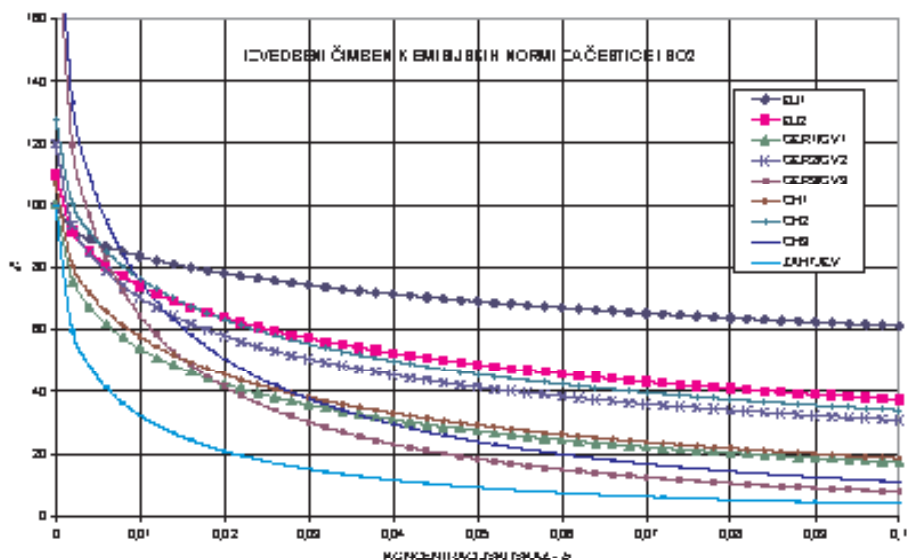
tj, usporedba emisijskih normi svodi se na nalaženje razmaka vrijednosti b u kojima je pojedina od relacija u jedn. (16) istinita. Prirodno, ako se uspoređuju samo pojedinačne granične vrijednosti emisije G_i i G_j , u relacijama (16) treba jednostavno staviti:

$$\tilde{A}_i(b) = Z_i(b) ; G_i(b) = Z_i(b) \quad (17)$$

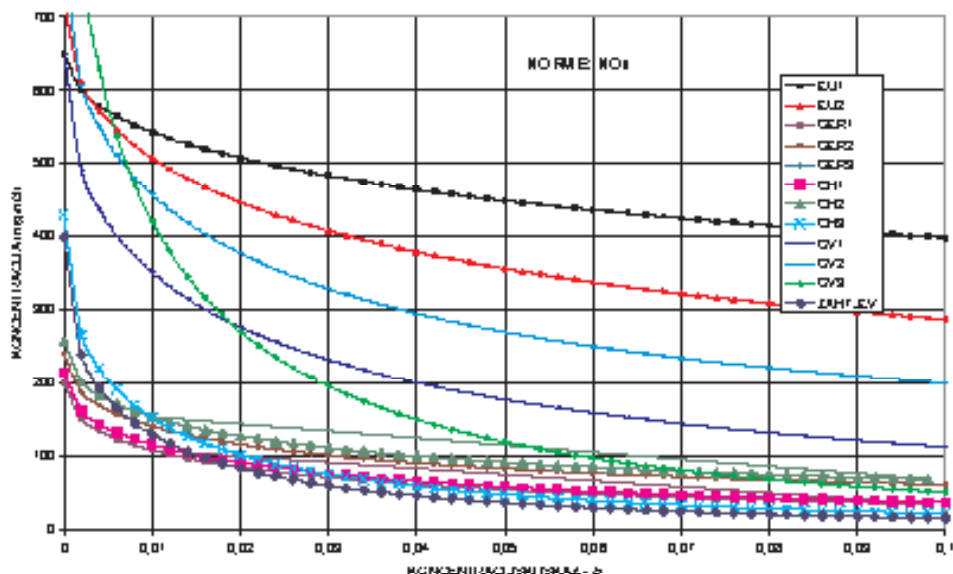
S obzirom na jedn. (14) – (17), usporedba emisijskih normi ima u koordinatnom sustavu $\{0, b, Z(b)\}$ potpuno jasno grafičko predstavljanje: $Z(b)$ i $\Gamma(b)$ su neprekidne i (dijelom, za $\Gamma(b)$) glatke funkcije za $b \geq 0$ te je postupak usporedbe prema relacijama (16) vrlo jednostavan.

Za primjere usporedbe normi prema opisanom predlošku izabrat će se emisijske norme navedene u tablici 1. Lako je uočiti da je struktura emisijskih normi za čestice i SO_2 identična: Ako se izaberu temeljne vrijednosti: za čestice – 50 mg/m_n^3 , za SO_2 – 400 mg/m_n^3 , i vrednuju se sa 100 %, tada pojedinim emisijskim normama, iz tablice 1., i za čestice i za SO_2 , odgovaraju jednaki odnosi koncentracijskih vrijednosti i jednake njima odgovarajuće usporedbene funkcije (jedn.14.). Tako, i za čestice i za SO_2 vrijedi jedinstveni usporedbeni dijagram (sl.1.).

Izdvojeno, na sl. 2., prikazane su usporedbene funkcije graničnih vrijednosti emisije za NO_x . Prema usporedbenim dijagramima može se postavljati poredak graničnih vrijednosti za pojedine vrijednosti parametra b . Ranije je spomenuto da je, bez detaljnijeg istraživanja iskustvenih podataka, nemoguće pouzdano procijeniti razmak (tj., gornju granicu razmaka, jer donja je 0) vrijednosti b koje se realiziraju u stvarnosti. No, ipak se neke tvrdnje mogu postaviti bez dvojbe, npr. (sl. 1. i 2.): (i) bitno postroženje svih normi u odnosu prema smjernicama EU; (ii) izrazita strogoća hrvatskih normi za čestice i SO_2 ; (iii) mala vjerojatnost djelotvornosti graničnih vrijednosti za kvantilsku razinu 97 %.



Sl. 1. Izvedbeni čimbenik emisijskih normi za čestice i SO_2 (čestice: 100 % odgovara 50 mg/m_n^3 ; SO_2 : 100 % odgovara 400 mg/m_n^3)

Sl. 2. Usporedbene funkcije emisijskih normi za NO_x

Zanimljivo je protumačiti izrazitu strogoću emisijskih uvjeta prema Zahtjevu [8]: upravo je to posljedica uobičajenog zanemarivanja značenja cjelovitog izričaja emisijskih normi (jedin. 1.) i/ili “sporednih” sastavnica u odgovarajućim graničnim vrijednostima (jedin.13.). Teško je tvrditi koliko su, u postupku natjecanja, ponuđači bili upućeni u stvarnu strogoću takvih emisijskih uvjeta, no svi su jamčili njihovo ispunjenje [11].

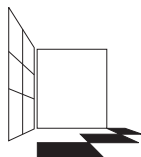
5. Zaključak

Ako se prihvati da su, za dani emisijski razred, neke od sastavnica u određenjima graničnih vrijednosti nepromjenjive (npr. stanje otpadnog plina, udio vlage, udio O_2), najmanji broj sastavnica koje određuju graničnu vrijednost emisije jest četiri: koncentracijska vrijednost, vrijeme usrednjavanja, kvantilska razina, razdoblje vrednovanja, te graničnu vrijednost emisije određuje njima odgovarajuća uređena četvorka vrijednosti. Usporedbom takvih četvorki uočavaju se razlike među graničnim vrijednostima emisije, kako u okviru jedne emisijske norme tako i između normi/graničnih vrijednosti različitih zemalja/skupina zemalja. Na to jasno ukazuje usporedba njemačkih, švicarskih i hrvatskih emisijskih normi za razred najvećih uređaja za loženje koje, iako sve imaju isto utemeljenje, u smjernicama Europske unije, ipak se međusobno značajno razlikuju. Radi određivanja približne mjere razlika i/ili poretka među različitim graničnim vrijednostima emisije, primijenjen je predložak koji se za vrednovanje i usporedbu graničnih vrijednosti uspješno primjenjuje u području ocjene kakvoće okolišnog zraka.

Primjeri usporedbe su, bez obzira na “približnost” primijenjenog predloška, nedvojbeno ukazali na bitno značenje “sporednih” sastavnica u određenjima graničnih vrijednosti emisije. Dalje slijedi da su granične vrijednosti emisije onečišćujućih tvari za velika ložišta u Hrvatskoj propisane na razini najzahtjevnijih uvjeta u Europi. Znakovito je da ponuđači gradnje novih termoelektrana u Hrvatskoj redovno prihvaćaju strože emisijske uvjete nego što ih propisuju hrvatski propisi.

Literatura

1. Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, Narodne novine br. 140., str. 4406 – 4425, 1997,
2. Barbalić M., Obveze poslodavca određene propisima koji uređuju pravno područje zaštite okoliša, Savjetovanje Hrvatske udruge za unapređivanje zaštite na radu, Zagreb, lipanj 1999., Zbornik, ref. 3,
3. Bretschneider B., Kurfürst J., Air pollution control technology, Elsevier, Amsterdam 1987,
4. Renz O. et. al., Emission control at stationary sources in the Federal Republic of Germany, Vol. I, French-German Institute for Env. Res. , Karlsruhe, 1966,
5. Der Schweizerische Bundesrat, Luftreinhalteverordnung (LRV) – (SR 814.318.142.1), Dezember 1985 (Stand am 1. Juli 1993),
6. Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft (GmBl. 7), Bonn 1986,
7. Council Directive 88/609/EEC, November 1988, On the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants,
8. Request for Proposal for a 2 x 350 MW Supercritical Coal Fired Thermal Power Plant, HEP, Zagreb, April 1997,
9. Verordnung über die Grossfeuerungsanlagen, 13. BimSchV, 1983,
10. Barbalić N., Marijan G., Jelavić V., Razvoj teorijskog predloška za procjenu uvjeta o kakvoći zraka za nove termoelektrane na ugljen, Energija 47 (1998), str. 357 – 374,
11. Varaždinec Z. i dr., Izvješće o vrednovanju ponuda za izgradnju TE 2 x 350 MW na ugljen, HEP, Zagreb, ožujak 1999.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Vrgoč, M.¹

Kriteriji odabira i primjene automatskih mjernih uređaja i sustava za kontinuirani nadzor emisije

Sažetak: Kontinuirano mjerenje emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora u energetskim i industrijskim postrojenjima se provodi automatskim mjernim uređajima i sustavima za prijenos i obradu rezultata emisijskih mjerenja. Zahtjevi koji se postavljaju kod certifikacije podobnosti, odabira i primjene automatskih mjernih uređaja i sustava, te izbora i opremanja mjernih mjesta, su višestruki i složeni, i uređeni su nizom propisa i preporuka. U članku je prikazan postupnik kod uvođenja kontinuiranih mjerenja emisije, sa kriterijima i preporukama odabira metode mjerenja: IN-SITU ili ekstraktivne sa primjerima iz prakse. Automatski mjerni uređaji i sustavi, koji se danas primjenjuju, moraju posjedovati certifikat o podobnosti kao dokaz pouzdanosti i kvalitete i uređaja. Postupak i sadržaj certifikacije podobnosti prezentiran je u članku. Kod primjene automatskih mjernih uređaja i sustava izneseni su uvjeti izbora i opremanja mjernih mjesta, te opseg i termini obaveznih funkcionalnih ispitivanja i kalibracije mjernih uređaja sa osvrtom na pripadnu regulativu.

Criteria for Choice and Application of Automatic Measurement Devices and Systems for Continuous Emission Monitoring

Summary: The continuous emission monitoring of exit gases in power and industrial plants is performed by automatic measurement devices and systems for emission measuring data transfer and processing. The requests and conditions, which are taking place at suitability tests, choice and application of automatic measuring devices, as well as selection and equipping of measurement sites are manifold and complex, and are defined with numerous recommendations and regulations.

The article presents the procedure of implementation of continuous emission monitoring, with criteria and recommendations for the measurement method choice: direct or extractive measurements, with applications examples. The automatic measuring devices and systems, applied these days in all developed countries, should have the suitability certificate as evidence of the device reliability and quality. The suitability testing procedure and content is presented in the article. The terms of selection and equipping of measurement sites, as well as the content and terms of obligatory annual functional tests of automatic continuous measurement devices are described.

¹ Marije Vrgoč, MATREL INŽINJERING d.o.o., ZAGREB

1. Uvod

Uvjeti, opseg i termini uvođenja kontinuiranog mjerenja emisije onečišćujućih tvari iz stacionarnih izvora u energetici i industriji utvrđeni su u Uredbi o graničnim vrijednostima emisije (GVE) onečišćujućih tvari iz stacionarnih izvora u zrak- NN 140/97 [1]. Prema Uredbi rok opremanja tj uvođenja kontinuiranih emisijskih mjerenja za postojeće stacionarne izvore ili izvore u izgradnji je 1. veljače 2000. god.

Kontinuirana emisijska mjerenja onečišćujućih tvari iz stacionarnih izvora su obrađena nizom propisa i preporuka (ISO, EN, DIN, VDE itd) koja reguliraju ovo područje zemljama EU i drugim zemljama. U Republici Hrvatskoj je u pripremi nacrt Uredbe o metodologiji emisijskih mjerenja, kojom će se definirati uvjeti i sadržaj provedbe kontinuiranih mjerenja od odabira i opremanja mjernih mjesta, automatskog prijenosa i obrade rezultata emisijskih mjerenja, pa do uvjeta odabira mjernih uređaja i utvrđivanja važećih hrvatskih i stranih propisa kojima se ovo područje detaljno regulira. Budući da se radi o novom, relativno malo poznatom području mjerne tehnike, te kratkim rokovima uvođenja kontinuiranih emisijskih mjerenja kod nas, ovim člankom se prikazuju postupak kod uvođenja kontinuiranih emisijskih mjerenja, odabir metoda mjerenja, odabir mjernih uređaja, izbor i opremanje mjernih mjesta, te postupak certificiranja i provođenje funkcionalnih godišnjih testova automatskih mjernih uređaja i sustava.

2. Postupak uvođenja kontinuiranih emisijskih mjerenja

Prilikom planiranja i uvođenja kontinuiranih emisijskih mjerenja vlasniku ili korisniku stacionarnog izvora predstoji niz aktivnosti odnosno postupaka [2], kako slijedi:

2.1 Na osnovu provedenih prvih ili posebnih mjerenja onečišćujućih tvari u otpadnim plinovima utvrđuje se potreba i opseg kontinuiranih mjerenja emisije i to:

- Kod srednjih velikih ložišta na osnovu termičke snage ložišta i članka 86 Uredbe
- Kod termičke obrade otpada prema članku 101, 107 i 110 Uredbe
- Za industrijske procese na osnovu izmjerene emitiranog masenog protoka odn. kritičnih masenih protoka pojedinih onečišćujućih tvari prema članku 7 i 8 Uredbe

Kod srednjih i velikih ložišta te termičke obrade otpada sadržaj kontinuiranih mjerenja utvrđen Uredbom je neovisan o rezultatima prvih emisijskih mjerenja.

2.2 Odabir i opremanje mjernog mjesta za ugradnju uređaja za provođenje kontinuiranih emisijskih mjerenja se provodi u suradnji sa proizvođačem uređaja. Mjesto ugradnje se odabire na dimovodnom kanalu ili dimnjaku na min. udaljenosti od 4D (D-promjer dimnjaka ili hidraulički promjer dimovodnog kanala) od

posljednje promjene presjeka ili uvida drugog kanala u dimnjak. Mjerno mjesto treba osiguravati, naročito kod ekstraktivnih metoda, reprezentativan uzorak dimnog plina. Nadalje mjerno mjesto treba biti što pristupačnije radi ugradnje, održavanja i servisiranja uređaja; vrlo često je potrebna izgradnja platformi i nadstrešnica.

2.3 Izrada projekta tehničkog rješenja sustava kontinuiranih mjerenja, od odabira metode mjerenja, odabira mjernih uređaja, tehničkog rješenja mjernog mjesta do rješenja montaže, napajanja i povezivanja svih elemenata mjernog sustava (građevinski, strojarSKI i elektroprojekt)

2.4 Izrada platformi i nadstrešnica za mjerno mjesto, montaža prirubnica za sonde /uređaje i kalibracijske otvore. Montaža i povezivanje mjernih uređaja i dijelova te ormara razvoda i signalizacije.

2.5 Ispitivanje, puštanje u rad i parametriranje svih uređaja za kontinuirano mjerenje i sustava za automatski prijenos i obradu svih mjerenih veličina.

2.6 Provođenje gravimetrijske kalibracije tj. mjerenja koncentracije čestica po presjeku dimnjaka ili dimovodnog kanala (prema VDI 2066) sa svrhom dobivanja pravca regresije odn. baždarenja mjerne krivulje optičkog uređaja: **Ekstinkcija** = **f (koncentracija prašine u mg/m³)**

2.7 Provođenje obuke kadrova za rukovanje i održavanje uređaja i sistema.

2.8 Utvrđivanje sadržaja i oblika dnevnih, mjesečnih i godišnjih statističkih izvještaja emisijskih mjerenja, statusa ložišta/pogona kod kontinuiranih mjerenja itd, sve u skladu sa Uredbom.

3. Odabir metode kontinuiranih mjerenja

Kontinuirana emisijska mjerenja se mogu provoditi :

- Direktnom t.zv IN-SITU metodom mjerenja kod koje se kao uzorak mjerenja koristi linija preko cijelog i dijela dimovodnog kanala ili dimnjaka tj mjerenja se provode direktno na dimnom plinu
- Ekstraktivna metoda mjerenja kod koje se uzorak dimnog plina izuzima u jednoj točki dimovodnog kanala ili dimnjaka i dovodi do analizatora uz prethodno filtriranje i kondicioniranje uzorka. Ova metoda se uglavnom koristi kod kontinuiranog mjerenja koncentracije onečišćujućih plinova u dimnom plinu.

Usporedba obje navedene metode kontinuiranih mjerenja emisije je prikazana u Slici 1

IN-SITU	Ekstraktivna
1. OPREMA, PRILIKOVANJE	
+ Prilika za sondu	+ Prilika za sondnu strukturu
+ Ugrađivanje sonde	+ Izvanpostupakna uzorka dimnog plina
+ Akvizicija	+ Izpitni plin
	+ Analitički plin
	+ Akvizicija
2. KARAKTERISTIKE	
+ Mjerna vrijednost 100-1000, bez jedinice	+ 100-100-120
+ Izvanpostupakna uzorka dimnog plina	+ Izvanpostupakna uzorka dimnog plina, uzorka nije neposredno
+ Izvanpostupakna uzorka dimnog plina	+ Izvanpostupakna uzorka dimnog plina
+ Mjerna vrijednost 100-1000, bez jedinice	+ Mjerna vrijednost 100-1000, bez jedinice
+ Mjerna vrijednost 100-1000, bez jedinice	+ Mjerna vrijednost 100-1000, bez jedinice
3. VALIDACIJA	
+ Glavna jedinica: 100-1000, bez jedinice	+ Glavna jedinica: 100-1000, bez jedinice
+ Mjerna vrijednost 100-1000, bez jedinice	+ Mjerna vrijednost 100-1000, bez jedinice

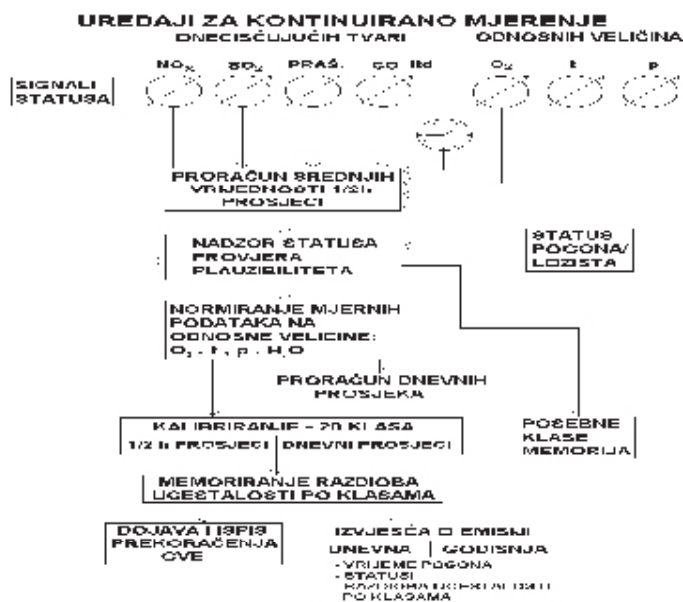
Slika 1 Usporedba IN-SITU i ekstraktivne metode kontinuiranih emisijskih mjerenja

Za odabir metode kontinuiranih mjerenja na osnovu iznesene usporedbe može se preporučiti :

- Za mjerenje koncentracije čestica i brzine/volumena dimnih plinova koristiti direktnu IN-SITU metodu mjerenja na optičkom odn. ultrazvučnom pricipu
- Za mjerenje koncentracije plinova kod srednjih ili velikih ložišta – SO_2 , NO_x , CO , O_2 koristiti direktnu IN-SITU metodu mjerenja na NDUV, NDIR principu te sonde sa cirkonij-dioksidom za mjerenje O_2
- Za mjerenje koncentracije plinova kod spalionica otpada u kemijskoj industriji, te u petrokemijskim procesima radi potrebe mjerenja većeg broja onečišćujućih plinova u dimnom plinu - SO_2 , NO_x , NH_3 , CO , O_2 , HCl , TOC itd koristiti ekstraktivnu metodu kontinuiranih mjerenja emisije
- Kod potrebe kontinuiranog mjerenja ostalih anorganskih tvari u obliku plina (rjeđe čestica) npr fluorovodik-HF, sumporovodik- H_2S itd, o mjernoj metodi odlučuje raspoloživi provjereni princip mjerenja, u pravilu se koristi ekstraktivna metoda mjerenja

4. Podobnost uređaja za kontinuirana mjerenja

Pouzdanost i kvalitet uređaja za kontinuirano mjerenje emisije se potvrđuje certifikatom o podobnosti koji se izdaje na osnovu provedenih opsežnih ispitivanja uređaja. (TÜV certifikat u Njemačkoj, EPA u SAD, GOST u Rusiji itd) , a objavljuje se u službenim glasilima Ministarstva zaštite okoliša ili druge ovlaštene institucije pojedine zemlje [3]. U svim zemljama zapadne Evrope, SAD-u, Rusiji itd dozvoljena je primjena samo onih uređaja za kontinuirano mjerenje emisije posjeduju certifikat o podobnosti [4,5], neovisno o proizvođaču ili zemlji proizvodnje uređaja odn, te elektronskih sustava za automatski prijenos i obradu rezultata emisijskih mjerenja koji. sustava.



Slika 3. Blok shema sustava za automatsku obradu rezultata emisijskih mjerenja

mjernog mjesta sa svrhom izbjegavanja systemske greške mjerenja treba posvetiti značajna pažnja uz obavezno pridržavanje pripadne regulative [8] U normalnim uvjetima izbor mjernog mjesta zadovoljava ako se provede prema odredbama iz nacrta Uredbe o metodologiji mjerenja emisije onečišćujućih tvari iz stacionarnih izvora odnosno prema preporukama VDI 2066 Blatt 1.

Mjerno mjesto treba biti opremljeno potrebnim kalibracionim otvorima za usporedna mjerenja, kao uređajima za mjerenje odnosnih veličina stanja dimnog plina tj. temperature, pritiska i koncentracije kisika na mjernom mjestu.

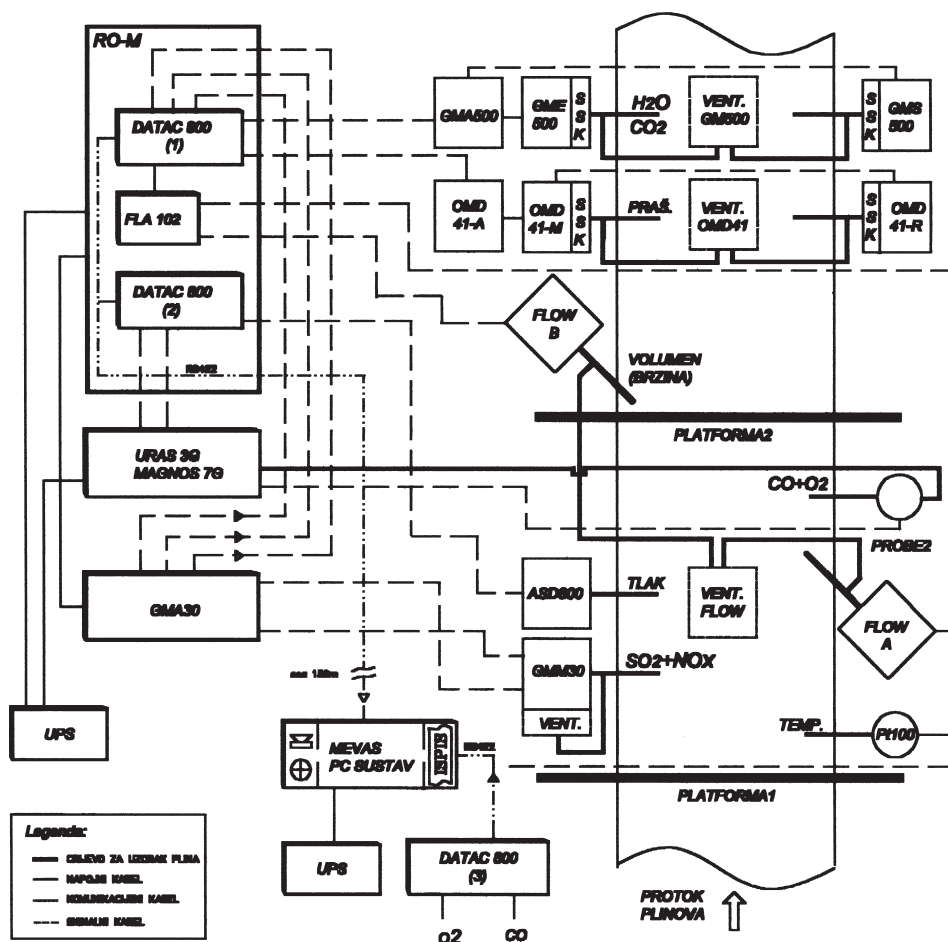
Opremanje mjernog mjesta podrazumijeva cjelovito planiranje i ispunjenje slijedećih uvjeta ugradnje mjernih uređaja :

- Deklarirana temperatura mjernog uređaja ili ekstraktivne sonde treba biti veća od max. temperature dimnih plinova
- Instalacija uređaja treba biti izvedena tako da se izbjegnu vibracije i udari na mjerni uređaj
- Mjerni uređaji trebaju biti izvedeni ili zaštićeni od utjecaja atmosferilija
- Potrebno je spriječiti utjecaj vanjskih djelovanja plinova i para na mjerne uređaje
- Potrebno je izbjeći međusobne električne i elektromagnetske utjecaje mjernih uređaja
- Kod ekstraktivnog postupka izuzimanja uzorka plina treba izbjeći rošenje uzorka grijanjem crijeva i filtera, zatim kemijske promjene uzorka držati na mogućem minimumu itd.

Složenost i značaj ispunjenja navedenih zahtjeva izbora i opremanja mjernih mjesta rezultira propisima utvrđenu obavezu pregleda mjernih mjesta i izdavanja

potvrde o ispravnosti izbora i opremanja mjernog mjesta za kontinuirano mjerenje od nadležne institucije [4,5].

Primjer opremanja mjernog mjesta prikazan je u blok shemi novog sustava za kontinuirano mjerenja emisije na dimnjaku rotacione peći klinkera TC Koromačno[9] na Slici 4



Slika 4. Novi sustav za kontinuirano mjerenja emisije u TC KOROMAČNO

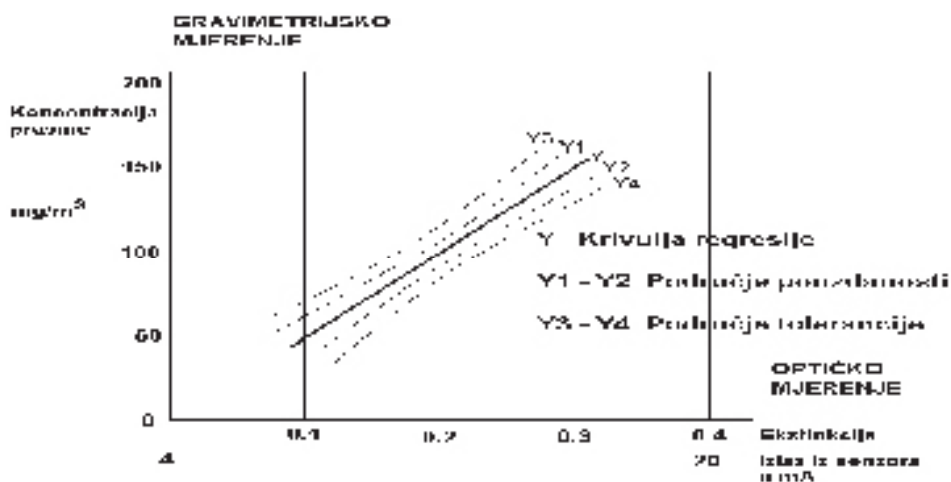
6. Funkcionalna ispitivanja i kalibracija mjernih uređaja

U svrhu održavanja ispravnosti uređaja i garancije kvalitete mjerenja, potrebno je mjerne uređaje redovito u opsegu i terminima koje propisuje certifikat o podobnosti uređaja, održavati te provoditi funkcionalna ispitivanja – jednom godišnje i kalibraciju mjernih uređaja [10].

Standardni opseg obaveznih godišnjih funkcionalnih ispitivanja mjernih uređaja sadrži :

- Provjera i ispitivanje stanja mjernog uređaja i pripadnih dijelova; zaprljanja optičkih površina kod IN-SITU mjernih uređaja, te sustava za izuzimanje uzorka na nepropusnost uzorka plina kod ekstraktivnih mjernih uređaja
- Ispitivanje održanja mjernih vrijednosti nul- i referentne točke u periodu održavanja tj od posljednjeg funkcionalnog ispitivanja uređaja
- Utvrđivanje vremenske promjene nul točke i osjetljivosti uređaja u periodu od 12 h
- Provjera poprečne osjetljivosti mjerene veličine na ostale plinove u dimnom plinu i to : CO , CO_2 , NO , NO_2 , SO_2 , HCl , H_2O
- Provjera karakteristike mjerenja mjernog uređaja sa usporednim standardom npr. bocama ispitnog plina, mrežnim optičkim filterima itd. Potrebno je izmjeriti min. 3-4 usporedne mjerne vrijednosti
- Provjera specifičnih funkcija mjernog uređaja npr. trajanje mjernog ciklusa, konstantnost volumena uzorka plina-probe, stanje i kvalitet filtera itd.
- Provjera analitičke funkcije mjernog uređaja sa preporučenim referentnim mjernim metodama za pojedinu mjernu veličinu (eventualno-zavisno od propisa pojedine zemlje)
- Kontrola prijenosa rezultata mjerenja do pisača ili automatskog elektroničkog sustava za obradu kontinuiranih emisijskih mjerenja

Primjer karakteristika mjerenja dobivenih usporednim mjerenjem i pripadnog pravca regresije kojim se baždari mjerni uređaj za kontinuirano mjerenje emisije čestica, kao dijela funkcioanlnih ispitivanja prikazan je na Slici 5



Slika 5. Gravimetrijsko mjerenje koncentracije prašine-baždarenje optičkog uređaja

Kalibracija uređaja za kontinuirano mjerenje emisije se provodi svakih 3 do 5 godina zavisno od termičke snage izvora [5] ; u Njemačkoj za snage $>300 \text{ MW}_t$ svake 3 godine dok za manje snage svakih 5 godina. Navedeni rokovi kalibracije se neznatno razlikuju za pojedine zemlje Evrope.

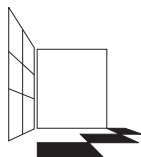
Sadržaj kalibracijskih mjerenja kao, utvrđivanje analitičke funkcije i pripadna analiza regresije je strogo propisana [10].

Godišnja funkcionalna ispitivanja i kalibraciju mjernih uređaja za kontinuirana emisijska mjerenja provode instituti i druga pravna lica koji posjeduju odgovarajuće ovlaštenje izdano od vladinog organa kod nas u Hrvatskoj –DUZPO. Redovito održavanje mjernih uređaja i godišnji servisi, također vrlo važan segment održavanja ispravnosti i cjelovite funkcije mjernog uređaja, se gotovo u pravilu provode od ovlaštenih serviseri proizvođača uređaja [5].

Kontinuirana emisijska mjerenja predstavljaju relativno novo područje kod nas. U članku sistematski prikazan postupak uvođenja kontinuiranih emisijskih mjerenja, zatim elementi i uvjeti odabira metode mjerenja, odabira i podobnosti mjernih uređaja, izbora i opremanja mjernih mjesta te postupka i sadržaja funkcionalnih ispitivanja i kalibracije mjernih uređaja.

Literatura

- [1] Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, NN 140/97
- [2] Mr.M.VRGOČ : Kontinuirano mjerenje emisije onečišćujućih tvari u energetici i industriji Takošćan 6/1998, Okoliš br 85, prosinac 1998.
- [3] Richtlinie über Eignungsprüfung, den Einbau, die Kalibrierung, die Wartung von Messeinrichtungen und Auswertung für kontinuierliche Emissionmessung, GMBI 1997.Nr 33 Seite 528 bis 539, RdSchr d. BMU v. 1.9.1997.
- [4] Dr. Dieter JOST : Die neue TA LUFT, Stand März 1997, Teil 5 Kapitel 5-3
- [5] Dreizehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionschutzes (Verordnung über Grossfeuerungsanlagen – 13. BImSchV), 22 Juni 1983.
- [6] Ronald WILKES,RW/TÜV : Mindestanforderungen an Emissions-Messeinrichtungen Umwelt, Bd 25, 1995, Seite 140-144
- [7] Leitfaden zur kontinuierlicher Emissionsüberwachung, Umwelt Bundesamt UBA, Berichte 11/90, 4 überarbeitete Auflage
- [8] VDI 2448, Blatt 1, Pannungshilfen vom stichprobenartigen Emissionmessungen an geführten Quellen, Ausgabe 4.1992.
- [9] Sustav za kontinuirano mjerenja emisije dimnih plinova, Novi dimnjak rotacione peći klinkera TC KOROMACNO, Izvedbeni projekt TD 99/02, MATREL d.o.o., lipanj 1999.
- [10] VDI 3950, Blatt 1, Kalibrierung automatischer Emissionmesseinrichtungen, July 1994.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Abramović, B.¹, Jakovljević, Ž.¹, Stanić, Z.²

Uspostavljanje sustava za kontinuirano praćenje emisija u termoelektranama Hrvatske elektroprivrede

Sažetak: U članku su opisane osnovne značajke termoelektrana HEP-a u svrhu analiza mogućih rješenja uvođenja sustava kontinuiranog mjerenja emisija onečišćujućih tvari. Definiran je obavezan mjerni opseg ovih sustava na uređajima za loženje i plinskim turbinama koji slijedi iz Uredbe o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora. Za nekoliko varijanti (ovisno o usvojenom pristupu i metodi mjerenja) izvršena je prva procjena potrebnih ulaganja.

Summary: In order to analyze possible solutions for introduction of the continuous emission monitoring (CEM) system, an overview of basis technical performances of all HEP's thermal power plants is given in this paper. The attention is drawn to the mandatory measuring scope of CEM systems at furnaces and gas turbines, stipulated by the "By-Law on Limit Values of Pollutant Emissions from Stationary Sources into the Air". For the several solutions (depending on applied approach and measuring methods) the first estimation of total investment is made.

1. Uvodno

Obaveza provođenja prvih, povremenih i kontinuiranih mjerenja emisije za vlasnike stacionarnih izvora propisana je Uredbom o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (Narodne novine br. 140/97). Hrvatska elektroprivreda (HEP), kao vlasnik svih termoelektrana u Hrvatskoj, u sklopu aktivnosti izvršenja spomenutih obaveza započela je cjelovitim i sustavnim provođenjem prvih mjerenja. Tijekom 1998. i početkom 1999. godine

1 Bojan Abramović, dipl.inž., mr.sc. Žarko Jakovljević, dipl.inž., EKONERG HOLDING d.o.o.

2 Mr.sc. Zoran Stanić, dipl.inž., Hrvatska Elektroprivreda d.d.

provedena su mjerenja na svim uređajima za loženje i plinskim turbinama u sedam termoelektrana HEP-a. Mjerenja su proveli djelatnici EKONERG-a – Instituta za energetiku i zaštitu okoliša, /L1/.

Sljedeća aktivnost HEP-a koja proizlazi iz Uredbe je uvođenje sustava za kontinuirano mjerenje emisija (u nastavku članka CEM sustavi – “Continuous Emission Monitoring”), što je potrebno dovršiti najkasnije do 1. veljače 2000. godine. U cilju uspješne provedbe pripremnih aktivnosti za uvođenje CEM sustava u termoelektrane HEP-a, EKONERG je izradio studiju “Tehnike kontinuiranih mjerenja emisije onečišćujućih tvari u zrak iz termoelektrana”, /L2/. Osnovna svrha ove studije bila je definiranje obaveza termoelektrana HEP-a u svezi s uvođenjem kontinuiranog nadzora emisije i procjena ukupnih potrebnih ulaganja.

2. Osnovne značajke termoelektrana hrvatske elektroprivrede

U vlasništvu HEP-a, na teritoriju Republike Hrvatske, nalazi se sedam termoelektrana, koje se koriste za proizvodnju električne energije i topline. Ukupno su instalirana 32 stacionarna izvora, (ne računajući pomoćne kotlove i jedinice u izgradnji). Trenutno je raspoloživa 31 proizvodna jedinica, od toga 18 parnih kotlova, 7 vrelovodnih kotlova i 6 plinskih turbina. Svi ovi kotlovi, osim “steambloc” kotlova u TE-TO Osijek (3 x 14 MJ/s), pripadaju kategoriji velikih uređaja za loženje.

KTE Jertovec namijenjena je isključivo za proizvodnju električne energije. Glavne komponente postrojenja su dvije plinske turbine (2 x 31,5 MW), dva kotla na otpadnu toplinu i dvije kondenzacijske parne turbine. Toplina ispušnih plinova izgaranja iz plinskih turbina koristi se u kotlovima, gdje se proizvodi para za parne turbine. Navedena postrojenja povezana su u blokovsku vezu, te čine dva kombi bloka. Od navedenih komponenti stacionarne izvore čine plinske turbine koje kao gorivo koriste prirodni plin ili ekstra lako ulje za loženje. Svaka turbina ima svoj poseban ispušni.

TE Plomin 1 je termoelektrana ložena ugljenom prašinom, namijenjena isključivo proizvodnji električne energije. Sastoji se od kondenzacijskog bloka nominalne snage na generatoru od 120 MW. Elektrana je u redovnoj eksploataciji od 1970. godine.

Jedini stacionarni izvor u TE Plomin 1 je kotao u kojemu se proizvodi para za pogon parne turbine. Kotlovsko postrojenje opremljeno je s dva elektrofiltra namijenjena odstranjivanju letećeg pepela (krutih čestica) iz dimnih plinova. Nakon izdvajanja krutih čestica dimni plinovi se ispuštaju u atmosferu kroz novi 340 m visoki dimnjak od TE Plomin 2. Rekonstrukcija elektrofiltra tijekom 1999. godine omogućila je izgaranje samo uvoznog ugljena. U sklopu ove rekonstrukcije ugrađen je uređaj za kontinuirano mjerenje emisije krutih čestica, no

s obzirom da je to samo dio obaveznog mjernog opsega, isti nije uzet u obzir u provedenim analizama.

U TE Plomin 2, čija je izgradnja pri kraju, predviđen je CEM sustav u opsegu koji u potpunosti zadovoljava Uredbu, pa ova jedinica nije obuhvaćena elaboratom.

TE Sisak ima dva identična kondenzacijska bloka jedinične snage 210 MW. Oba bloka u radu su preko 20 godina. Budući da je na oba postrojenja provedena revitalizacija, njihov izlazak iz pogona ne planira se prije 2015. godine. Svaki blok ima dva identična parna kotla (ložena teškim uljem za loženje ili prirodnim plinom) i po jedan dimnjak zajednički za oba kotla. Dimovodni kanali se ne spajaju, nego se odvojeno uvode u dimnjak.

EL-TO Zagreb namijenjena je za proizvodnju električne energije i proizvodnju topline za podmirenje potreba zapadnog dijela grada. Toplina se proizvodi na dvije razine, gdje se kao mediji javljaju vrela voda i pregrijana para. Vrela voda koristi se za grijanje stanova i sanitarne vode, dok se pregrijana para (tzv. tehnološka para) koristi u tehnološkim procesima industrijskih postrojenja ili za grijanja većih objekata.

U tu svrhu na lokaciji EL-TO Zagreb izgrađen je niz postrojenja direktnog procesa, koja proizvode isključivo toplinu, i postrojenja spojnog procesa koja osim topline proizvode i električnu energiju. U direktnom procesu instalirana su tri vrelovodna i dva niskotlačna parna kotla (jedan od niskotlačnih se već duže vrijeme ne koristi). Za proizvodnju topline i električne energije u spojnom procesu služe dva bloka i to:

- blok 1 kojeg čini jedan visokotlačni parni kotao i protutlačna parna turbina nazivne snage 11,5 MW.
- blok 2 kojeg čine dva visokotlačna parna kotla i parna turbina (30 MW) s ogrjevnim kondenzatorom.

Svi kotlovi kao gorivo koriste teško ulje za loženje ili prirodni plin.

Osim navedenih jedinica u EL-TO Zagreb, krajem 1998. godine puštena je u probni pogon plinsko-turbinska elektrana, nazvana "PTE Zagreb-zapad", koju čine dvije plinske turbine, ložene isključivo prirodnim plinom, nominalne električne snage 2 x 25 MW. Toplina ispušnih plinova iz plinskih turbina iskorištava se u kotlovima utilizatorima za proizvodnju tehnološke pare i dogrijavanje mrežne vode.

U pogonu EL-TO Zagreb nalaze se 4 dimnjaka i to:

- dva dimnjaka postrojenja PTE Zagreb-zapad (po jedan za svaki blok)
- novi dimnjak visine 200 m
- stari dimnjak visine 85 m

U novi dimnjak ulaze četiri kanala i to sa tri kotla pojedinačno i zajednički kanal dvaju kotlova. Veze sa starim dimnjakom, preko podzemnog kanala, imaju jedan vrelovodni i dva parna kotla.

TE-TO Zagreb također je namijenjena kombiniranoj proizvodnji električne energije i topline. Smještena je na lijevoj obali Save, na području Žitnjaka u blizini velikih električnih potrošača i približno centralno u odnosu na dvije skupine toplinskih potrošača: industrijske, kojima se topline dovodi tehnološkom parom, i vrelovodne, kojima se topline dovodi vreloom vodom.

Danas su u TE-TO Zagreb u pogonu tri parna kotla (kotao bloka 32 MW, kotao bloka 110 MW i pomoćni kotao), te četiri vrelovodna kotla. Kao gorivo koristi se teško ulje za loženje ili prirodni plin. Dimni plinovi iz svih kotlova ispuštaju se kroz zajednički dimnjak (200 m), u koji ulaze ukupno tri dimnovodna kanala.

TE Rijeka locirana je jugoistočno od grada Rijeke, na morskoj obali u neposrednoj blizini INA rafinerije Urinj. Osnovne komponente bloka 320 MW u TE Rijeka su parni kotao, i turbogeneratorsko postrojenje (kondenzacijska parna turbina). Danas elektrana kao gorivo koristi isključivo teško ulje za loženje.

Na dimnjaku kotla već je ranije instaliran mjerni uređaj za kontinuirano mjerenje emisije SO_2 (elektrokemijska ćelija s krutim elektrolitom i elektrodama od platine, direktna izvedba, Westinghouse, model EC960).

TE-TO Osijek namijenjena je za proizvodnju električne energije, ogrjevnje topline za grijanje grada i tehnološke pare za industrijske svrhe. Od proizvodnih postrojenja na lokaciji TE-TO Osijek nalaze se dvije plinske turbine (2 x 25 MW, mogućnost loženja prirodnim plinom ili ekstra lakim uljem za loženje) s jednim kotlom na otpadnu toplinu, tri "steambloc" kotla (3 x 14 MJ/s), te oduzimno-kondenzacijski blok (45 MW) s dva parna kotla. Kotlovi se lože prirodnim plinom ili teškim uljem za loženje. Ugradnja CEM sustava na steambloc kotlovima nije obavezna, i mjerenja emisija na ovim kotlovima provodit će se povremeno. Slijedi da je budućim CEM sustavom u TE-TO Osijek potrebno obuhvatiti dva parna kotla bloka 45 MW, koji su zajedničkim dimnovodnim kanalom spojeni na dimnjak, i dvije plinske turbine koje imaju svaka svoj ispust. pri čemu postoji mogućnost naizmjeničnog vođenja ispušnih plinova iz obje turbine u kotao na otpadnu toplinu.

3. Analiza mogućih rješenja

Budućim CEM sustavima potrebno je obuhvatiti praćenje emisija iz ukupno 22 uređaja za loženje i 6 plinskih turbina Broj mogućih kombinacija i specifičnosti pojedinih termoelektrana (iz čega slijedi i broj potrebnih CEM sustava) nameću potrebu za analizom svake termoelektrane, a posebno onih s više instaliranih ložišta. Razmatrano je nekoliko različitih rješenja (s različitim pristupima), primarno u svrhu procjene ukupnih ulaganja. Za definiranje različitih varijanti primjenjeni su slijedeći pristupi:

1. "jedan CEM sustav po ispustu-dimnjaku", u nastavku članka pristup "1";
2. "jedan sustav na svaki ulaz u dimnjak (pojedinačni ili zajednički kanali)", u nastavku članka pristup "2";

3. “svako ložište jedan poseban CEM sustav” u nastavku članka pristup “3”.

Sva tri pristupa omogućavaju kontinuirano praćenje ukupne emisije iz postrojenja i u potpunosti udovoljavaju zahtjevima regulative u pogledu obaveza uvođenja CEM sustava. U nekim termoelektranama, ovisno o broju ložišta, pojedine varijante se poklapaju (primjerice TE Rijeka i TE Plomin 1).

U slučaju primjene jednostavnog pristupa “1” (*jedan CEM sustav po ispustu*) broj potrebnih sustava odgovarao bi broju ispusta iz termoelektrana (to je ujedno i minimalni broj sustava), čime bi se znatno umanjila ulaganja u usporedbi s ostalim rješenjima. Kako je ranije navedeno, ovakav pristup moguć je temeljem članka 87. Uredbe o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, prema kojemu se emisije mogu mjeriti zajedničkim CEM sustavom za nekoliko ložišta.

Međutim, pristup “1” u pojedinim slučajevima može rezultirati otežanim umjeravanjem, nehomogenošću mješavine dimnih plinova, i čestim promjenama, prije svega fizikalnih svojstava dimnih plinova. Navedeno može imati nepovoljan utjecaj na pouzdanost mjerenja, te se stoga mora uzeti u obzir kod odabira mjesta ugradnje uređaja (direktna izvedba) ili lokacije uzorkovanja dimnih plinova (u slučaju ekstraktivne izvedbe). Ovaj nedostatak naročito dolazi do izražaja u slučaju većeg broja ložišta različitih značajki, spojenih na zajednički dimnjak.

Uvođenje CEM sustava na ovakav način omogućilo bi praćenje ukupnih emisija iz elektrane, ne i udjela emisija iz pojedinačnih izvora. Izuzeci su plinske turbine jer svaka ima svoj poseban ispuh, kao i TE Rijeka i TE Plomin 1 gdje se radi samo o jednom izvoru. Udjeli pojedinačnih izvora u ukupnoj emisiji (u ostalim slučajevima) utvrđivali bi se proračunom na osnovi bilanci i/ili iskustvenih faktora emisija, te povremenim mjerenjem. Neovisno o načinu utvrđivanja pojedinačnih udjela, prema članku 87. Uredbe, povremena mjerenja (za svako ložište posebno) bilo bi potrebno provoditi najmanje jednom godišnje.

Moguća je i primjena CEM sustava u ekstraktivnoj izvedbi s naizmjeničnim uzimanjem uzoraka dimnih plinova iz različitih ložišta. Međutim, eventualna primjena rješenja s naizmjeničnim uzorkovanjem ovisi o specifičnostima postrojenja, tehničkim značajkama mjernih instrumenata, obuhvaćenom mjernom opsegu i mogućnošću osiguranja dovoljnog broja očitavanja trenutnih vrijednosti (kako bi mjerenja u potpunosti bila u skladu s regulativom). Provođenje ovakvih analiza zahtijevalo bi razradu, za svaki pojedini slučaj, na nivou idejnog projekta.

Druga alternativa kojom je moguće olakšati udovoljenje obavezama povremenih mjerenja, a koja istovremeno olakšava postupak umjeravanja i smanjuje mogućnost pogreške uslijed nehomogenosti i promjene svojstava dimnih plinova, je ugradnja uređaja u kanale dimnih plinova (zajedničke za više ložišta) prije ulaza u dimnjak – pristup “2”.

Pristup "3" omogućava, s druge strane, kontinuirano mjerenje ne samo ukupne emisije, nego i pojedinačnih emisija iz svih ložišta. Međutim ovo rješenje zahtijeva maksimalni broj CEM sustava, a time i maksimalna ulaganja.

Opseg mjerenja u termoelektranama HEP-a kao i broj sustava (ovisno o primjenjenom pristupu) dan je pregledno u tablici 3. Osim veličina koje su dane u tablici sva mjerna mjesta nužno će uključiti i mjerenje sadržaja kisika i temperature dimnih plinova. Eventualno mjerenje ostalih relevantnih veličina u pojedinim slučajevima nije se razmatralo u okviru ovih analiza.

4. Procjena potrebnih ulaganja

Analiza ukupnih ulaganja uključila je, osim različitih pristupa, i različite mjerne metode (direktna ili ekstraktivna). Za mjerenje emisije krutih čestica i neprozirnosti analizirana je isključivo direktna izvedba mjernih uređaja, dok su za mjerenje emisije plinovitih onečišćujućih tvari razmatrane obje izvedbe, direktna i ekstraktivna. Pri tome je usvojeno cjelovito i sustavno uvođenje CEM sustava za sve elektrane, što znači pretpostavku jednog zajedničkog isporučitelja za cijeli HEP, čime bi se smanjili ukupni troškovi, uključivo potrebna ulaganja i stalne troškove održavanja ovih sustava.

Prema navedenom, analizirano je ukupno 6 varijanti (ovisno o odabranom pristupu i metodi mjerenja). Pri tome su korišteni podaci iz preliminarnih ponuda za standardne konfiguracije mjernih uređaja pojedinih proizvođača. (Siemens, Horiba, Hartmann & Braun, Sick i Durag). Razmatrana rješenja uključuju:

- mjerenje emisije krutih čestica / neprozirnosti metodom apsorpcije zračenja vidljivog dijela spektra (mjerni uređaj u direktnoj izvedbi)
- mjerenje emisije plinovitih tvari ekstraktivnom NDIR metodom ili direktnom metodom na načelu apsorpcije IR i UV zračenja
- izvedbu svih uređaja za rad u ne-eksplozivnoj atmosferi
- utvrđivanje udjela NO_2 u NO_x proračunom (ovakav pristup slijedi iz rezultata provedenih mjerenja prema kojima slijedi da NO_2/NO konverter nije nužan)
- mjerenje sadržaja kisika elektrokemijskom metodom ili metodom paramagnetizma
- jedinicu za prikupljanje i obradu mjernih signala (uključuje sve potrebne hardverske i softverske komponente)

Tablica 3. Mjerni opseg CEM sustava u termoelektranama HEP-a

Postrojenje	Mjerni opseg	Pristup		
		1	2	3
~~KTE Ardovec~~ plinske turbine	NO _x , SO ₂ , CO, neprozirnost	2	2	2
~~TE Brijuni 1~~ parni kotao	NO _x , SO ₂ , CO, čestice	1	1	1
~~TE Sak~~ parni kotlovi	NO _x , SO ₂ , CO, čestice	2	4	4
~~EL TO Zagreb~~ parni i vrelvodni kotlovi	NO _x , SO ₂ , CO, čestice	2	5	7
~~plinske turbine~~ ~~TE TO Zagreb~~	NO _x , CO, neprozirnost	2	2	2
parni i vrelvodni kotlovi	NO _x , SO ₂ , CO, čestice	1	3	7
~~TE Bjelka~~ parni kotao	NO _x , SO ₂ , CO, čestice	1	1	1
~~TE TO Osijek~~ parni kotlovi	NO _x , SO ₂ , CO, čestice	1	1	2
plinske turbine	NO _x , SO ₂ , CO, neprozirnost	2	2	2
UKUPNO		14	21	29

Ovisno o promatranoj varijanti potrebna ulaganja su procijenjena na 1,8 do 4,3 milijuna DEM, pri čemu su ulaganja minimalna u slučaju primjene pristupa "1" i uređaja u ekstraktivnoj izvedbi, dok su ulaganja maksimalna ukoliko se primijeni pristup "3" i direktna izvedba uređaja u cijelom mjernom opsegu. U cijene su uključeni rezervni dijelovi za određeno razdoblje, prateća dokumentacija, troškovi pakiranja i transporta, carina i upuštanje u rad sustava na lokaciji termoelektrane. U cijene nisu uključeni troškovi montažnih radova, obučavanja djelatnika na lokaciji isporučitelja opreme, niti PDV. Potrebno je još jednom naglasiti da je riječ o prvoj procjeni, zasnovanoj na prethodno navedenim pretpostavkama i izvedenoj u danim uvjetima. Na konačni odabir koncepcije i konačnu cijenu sustava utjecat će čitav niz čimbenika, kojima će se tijekom predstojećih aktivnosti uvođenja sustava morati posvetiti dužna pozornost.

5. Zaključak

Analizom zahtjeva koji proizlaze iz uredbe o graničnim vrijednostima emisije, definiran je opseg kontinuiranih mjerenja za HEP-ove termoelektrane. U HEP-ovom sustavu potrebno je obuhvatiti 22 kotlovska postrojenja i 6 plinskih

turbina. Na kotlovskim postrojenjima potrebno je provoditi trajno praćenje emisije plinovitih onečišćujućih tvari (NO_x , SO_2 , CO), te emisije čestica, a na plinskoturbinskim postrojenjima potrebno je trajno nadzirati emisiju plinovitih onečišćujućih tvari i neprozirnost dimnih plinova.

Slijedom uredbe, uvođenje CEM sustava u termoelektrane HEP-a koncipirano je na osnovi 3 uvojenja pristupa:

1. *“jedan CEM sustav po ispustu-dimnjaku”*
2. *“jedan sustav na svaki ulaz u dimnjak (pojedinačni ili zajednički kanali)”*
3. *“svako ložište jedan poseban CEM sustav”.*

U ovisnosti o odabranom pristupu, ukupni broj potrebnih sustava varira od 14 do 28. Pristup br. 1 iziskuje uvođenje najmanjeg broja sustava, ali u pojedinim slučajevima (više različitih ložišta sa zajedničkim dimnjakom) nije primjenljiv. Pristup br. 3 omogućio bi neovisno praćenje svih pojedinačnih udjela u ukupnoj emisiji, no ukupni broj sustava koje je potrebno uvesti tada je najveći. Pristup br. 2 je između ekstremnih pristupa 1 i 3, i može se smatrati logičnim i opravdanim rješenjem, primjerenim pojedinim slučajevima.

Na osnovi podataka iz preliminarne ponuda standardnih konfiguracija, prikupljenih od pet proizvođača mjerne i prateće opreme, načinjena je prva procjena troškova uvođenja CEM sustava u termoelektrane HEP-a.

Raspon procijenjenih ulaganja je od 1,8 do 4,3 milijuna DEM. Najniža je cijena uvođenja CEM sustava po pristupu br. 1 i uz ekstraktivnu izvedbu mjerenja emisije plinovitih tvari, a najviša po pristupu br. 3 i uz direktnu izvedbu za cijeli mjerni opseg.

Realno je očekivati primjenu varijante koja bi po broju sustava bila negdje između pristupa 1 i 2, no na konačnu odluku o odabiru koncepcije, te na iznalaženje optimalnog rješenja, utjecat će čitav niz tehničkih i drugih čimbenika, na koje će u predstojećim analizama biti potrebno usmjeriti pozornost. Jedan od bitnih čimbenika svakako je i donošenje *Uredbe o metodologiji mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora* čija je izrada u tijeku.

S obzirom na složenost razmatrane problematike i relativno skromna dosadašnja iskustva u Hrvatskoj u svezi s primjenom CEM sustava u termoelektranama, nameće se potreba intenzivnijeg uključivanja potencijalnih dobavljača/proizvođača sustava u predstojeće analize. U dosadašnjim kontaktima pojedine su tvrtke pokazale zainteresiranost za suradnju, prvenstveno kroz održavanje tematskih prezentacija, u okviru kojih bi se razgovaralo i o konkretnoj primjeni CEM sustava u termoelektranama Hrvatske elektroprivrede.

Reference

- /L1/ Mjerenja emisije onečišćujućih tvari u zrak iz termoelektrana HEP-a, EKONERG, 1999/99.
- /L2/ “Tehnike kontinuiranih mjerenja emisije onečišćujućih tvari u zrak iz termoelektrana”, EKONERG, 1999.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Mihalíková, E.¹

Air Pollution Monitoring System in Slovakia

There are two ways of air pollution control in Slovakia, depending on a purpose of the monitoring.

First monitoring network :

Under the responsibility of the Ministry of Environment on a fixed, automated, remotely controlled continuous monitoring stations, operated by Hydrometeorological Institutes. According to the "Clean Air Act" No.309/1991 Coll., The Ministry of Environment of the Slovak Republic is responsible for providing information to the public about air pollution quality and share of individual sources in air pollution. Upon the base of air quality monitoring results, The Ministry of Environment imposes or abolishes the areas demanding special air protection and controls the operation of smog warning and regulation system.

Slovakia as a signer of the UN ECE Convention on Long Range Transport of Air Pollution has become with its four regional monitoring sites a Contributor of Environment Monitoring and Evaluation Programme (EMEP).

The monitoring network in Slovakia consists of 7 regional sampling sites, 4 of them are included in EMEP.

Results of measurements from regional network in Slovakia are used also in other monitoring programmes like GAW/BAPMON (Global Atmospheric Watch/Background Air Pollution Monitoring Network) under WMO and UNEP/GEMS (United Nations Environment Programme/Global Environment Monitoring Systems).

Measurement programme at the regional monitoring stations:

Gaseous pollutants:

SO₂, NO_x, HNO₃ – 24 hours averages

O₃ – continual registration

VOC : C₂ – C₆ - 15 minutes sampling , twice a week at 12,00 hour

¹ Mihalíková Eva, State Health Institute Banská Bystrica, Slovakia

Atmospheric aerosol:

Aerosol concentration – one week sampling

Pb, Cu, Zn, Mn, V, Ni, Cd – one month averages

SO_4^{2-} , NO_3^- - 24 hour averages

Atmospheric precipitation :

Daily precipitation – pH, conductivity, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- , PO_4^{3-}

Month averages - pH, conductivity, SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , F^- , PO_4^{3-} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Al^{3+} , F^-

Measured data from regional monitoring sites are evaluated according the secondary and deposition limits.

Additionally 30 local monitoring sites is in running under the same responsibility of Ministry of Environment and operated by Hydrometeorological Institutes, measuring daily averages of SO_2 , NO_x , dust, O_3 , CO , H_2S (in 30 minutes intervals). Measured concentrations are evaluated according the primary limits, it means they can be used to evaluate the health effect of population from air pollution.

Second monitoring network :

Under the responsibility of The Ministry of Health on purposely established monitoring sites, operated by State Health Institutes.

The purpose of the monitoring is to collect and complete the information on air pollutants from the view of their harm influence on the health-state of the population.

The sampling sites are situated at the places with a specific sources of air pollution, out of the radius regional monitoring network, or at the areas of a special interest due to deteriorated health status of the local population.

The monitoring sites are established for a limited, short time-period (but at least 1 year), utilise the manual discontinued monitoring method and the range of air pollutants is given by a specific interest of The State Health Institutes as the preventive health care bodies.

Activity guaranteed by Ministry of Health

In 1997 the Action Plan for Environment and Health of the Population of the Slovak Republic was prepared by a Working Group of the Ministry of Health appointed by the Secretary of State of the Ministry of Health of the Slovakia.

The material defines priority problems in the field of environment and health from the point of view of Public Health. The document reflects the recommendations by WHO as formulated in the Action Plan for Environment and Health in Europe. The Action Plan for Environment and Health of the Population of the Slovak Republic (APEH) had been approved by the resolution of the Government of the

Slovak republic No 30/1996 of January 16th, and the worked out APEH including financial evaluation was approved by the Resolution of the Government of the Slovak republic No 55/1997 of January 21th, 1997.

During the procedure of approval of this material, the Government decided on the financial means that would be allocated for the solution of the objectives presented and on the consecutive phases of implementation.

The Action Plan for environment and Health of the Population :

- defines environmental and health priority problems and offers recommendations for the solution
- presents information on the state of the environment in the Slovak republic, including legislative issues
- provides requisites for the implementation of the international commitment of the Slovak Republic to submit to the WHO-EURO and European political-professional forum our National Programme of coping with the problem of environment and health not later than by 1997

Monitoring of environmental factors with impact on health is the primary goal of health protection and health promotion implementation. One of the primary goals is to improve the health status of the population of Slovakia and the environment in compliance with the WHO Programme on “Health for All by 2000”. One of major priorities “the clean air” was defined.

National Reference Centres

In 1997 The Ministry of Health announced three “National Reference Centres” concerning air pollution topic. The first in Bratislava “National Reference Centre for Ambient Air” and next two in Banská Bystrica “National Reference Centre for Health Effect Assessment of Ambient Air and Non-industrial Indoor Environments”, and “National Reference Centre for Health Effect Assessment of Occupational Environment”.

These Institutes became the top centres with the tasks to collect scientific information for decision - making activities in the field of preventive health care. One of the tasks is to introduce new methods of air pollution monitoring in accordance with the newest knowledge on exposure assessment and risk assessment procedures. To manage this role, The State Health Institute Banská Bystrica is taking part in several international projects. The aim of the international co-operation is :

- to develop Slovak capabilities to obtain data on ambient, indoor and occupational air pollution
- to develop Slovak expertise in population exposure assessment
- to estimate exposure, in order to assess the human health risk
- to identify and evaluate the suitability of local information for environmental health risk assessment activities

Overview on the Research Activities at State Health Institute Banská Bystrica

PHARE projects

with the financial support of the Commission of the European Communities

Study Of Health Impact Of Environmental Pollution

Phare project EC/HEA/18-SL (1993 – 1995)

The study focused on a small area surrounding the town Nováky (District of Prievidza, central Slovakia), characterised by the presence of large industrial pollution sources and the availability of extensive exposure and epidemiological data. The project was implemented by the Ministry of the Environment of the Slovak republic as part of the PHARE Programme.

A.I.TEC.S.p.A. (Montedison Group), a specialized environmental consulting company based in Milan, Italy, has been selected to carry out, in co-operation with a Slovak project team set up by the Institute of Public Health Banská Bystrica, a study on the impact of environmental pollution on the state of health of population. The selected specific activities were developed :

- Risk assessment study for Nováky general population
- Cross-sectional study targeted on Nováky occupational population
- Cross-sectional study targeted on Nováky general population
- Mortality and cancer incidence study of the population living in the Nováky area
- Mortality and cancer incidence of ENO and NCHZ workers
- Public Health Surveillance Plan for the Nováky area

Research Project on the Relationship Between Air Quality And Health in the Phare Countries

**CESAR – Central European Study on Air Pollution and Respiratory Health)
Phase 1 (1995 – 1997)**

Six countries (Hungary, Poland, Czech republic, Slovakia, Rumania, Bulgaria) were included in the study implementation.

National research team for Slovakia was established from the experts of The State Health Institute Banská Bystrica.

The consortium was made up of teams from the National Institute of Public Health and Environmental Protection –Bilthoven The Netherlands (lead institution), The London School of Hygiene and Tropical Medicine – London, Great Britain and the Agricultural University Wageningen –The Netherlands.

The research project comprised a main project and the two linked, smaller projects, as follows:

The main Project 1: Air pollution and respiratory disease in children.

Project consisted of a cross-sectional study in primary school children to assess in each country the effect on respiratory health of long-term exposure to ambient air pollution, in particular PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, and NO₂.

In the framework of this project there were collected baseline information on childhood respiratory health and potential risk factors, including outdoor air pollution. The structure of the data-set is hierarchical, where for each country 4 areas were selected and within each area a total of about 1,000 children were included in the study. PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO₂ was measured at a background sampling site in all 25 areas during 12 months in a standardised way. Additional measurements were carried out to assess the spatial variation in air pollution concentrations in each of area. Time-series of concentrations for air pollutants from existing monitoring networks and historical data on emissions and meteorological conditions were collected to estimate life-time exposure for each subject. Health outcomes – respiratory symptoms and disorders, pulmonary function- and individual risk factors were collected for each subject.

Project 2: A Quality Assurance activity

This consisted of an introductory workshop, followed by a joint Quality Assurance Audit of a selected laboratories and activities in the designated study areas. In addition, it included inter-laboratory comparisons.

Project 3: A Risk Perception and Communication study

This involved a survey of perception, attitudes and knowledge of environmental health risk in a population sample, and focused on how the risk is perceived, what information is received and what type of information is needed. Furthermore, it was investigated knowledge and attitudes of selected individuals from various sectors in society.

Phase 2 (1999 – 2000)

The objective of the Phase 2 of the project is to assess the effect of long-term outdoor air pollution exposure on childhood respiratory health in 25 Central European study areas, using multilevel statistical techniques to analyse previously collected standardised data-sets.

The project consists of two main activities:

- The assessment of current and historical exposure indicators
- The country –specific and poolen analysis of the impact of the exposure estimators on respiratory health using multilevel modelling .

Project with WHO - EURO**Evaluation of Impact of Environmental Pollution on the Human Health in Four Selected Regions, Based on Existing Data on Environment and Health****(1992 – 1994)****Background:**

This project outlined a programme for environmental health activities to be implemented in the Slovak Republic under the responsibility of the World Health Organisation Regional Office for Europe through its European Centre for Environment and Health (WHO-ECEH). The Integrated Programme on Environment and Health of the Slovak Republic (SIPEH) was implemented within the framework of multilateral assistance of the Government of the Netherlands towards environmental health activities in Central and Eastern European Countries (CCEE).

Funds for programme were made available by the Government of the Netherlands through an agreement between WHO-EURO and the Ministry of Welfare, Health and Cultural Affairs, which was signed on 14.12.1991.

Purpose of the project :

- To indicate the most important environmental factors affecting health of residents of the considered areas.
- To evaluate size and location of the populations exposed to the identified levels of the factors.
- To describe health problems which may be related to the environmental exposures.
- To set priorities for environment and health monitoring planned as Phase II of the project.

SIPEH was carried out within the framework of the National Programme of Health Promotion of the Slovak Republic addressing major environmental health concerns. The project served as a model in the Slovak republic in its effort to implement the recommendations of the above programme. This was done through the dialogues between the respective national, regional and local authorities.

WHO- International Agency For Research On Cancer (IARC) Multicentre case-Control Study**Occupation, Environment and Lung Cancer in Countries of Central and Eastern Europe****(1997 – 1999)**

The study has a case-control design and is implemented in Poland, Romania, Russia, Slovakia, Hungary and Czech Republic.

The International Agency for Cancer Research (Lyon France) is responsible for the overall coordination of the study and The London School of Tropical Hygiene and Medicine is responsible for developing the methodology for the assessment of air pollution and contributes to the occupational exposure assessment. Two further collaborators on occupational exposure include Jack Siemiatycki from the Armand Frappier Institute in Montreal and Joelle Fevotte from the Department of Occupational Medicine in the University of Lyon.

Objectives:

The main study objective concerns an assessment of the role of occupational risk factors in the aetiology of lung cancer in the participating centres. Secondary objectives will investigate the role of other risk factors including tobacco consumption, indoor and outdoor air pollution, and genetic susceptibility. These objectives will be pursued individually within each centre and also centrally with a final analysis involving a combination of data sets.

Each centre recruits a group of newly diagnosed cases of lung cancer and a comparable group of either population or hospital controls. The interview and exposure assessment of both cases and controls has a three stage process. The first stage of the interview concentrates on obtaining details on residential history and lifetime history. The second stage is semi-structured and obtains information on occupational history. Finally, using both the questionnaires and other sources information, a group of experts will decide on the level of exposure to a number of occupational carcinogens

The study is partially supported by a grant of the European Commission, DG-XII, Inco-Copernicus programme .

Research project conducted under the Joint U.S. – Slovak Science and Technology Program

Environmental Health Risk Assessment

(February 1, 1996 - January 31, 2000)

The research teams were established from the experts of The State Health Institute, Banská Bystrica and Harvard School of Public Health Boston, U.S., The University of British Columbia, Vancouver, Canada and Health Effects Research Laboratory, U.S. EPA

Project implementation

The project has taken the form of research program to collect and evaluate new air quality data, including methodological comparisons of U.S. and Slovak techniques, for total, ambient and indoor exposure to nitrogen oxides and inhalable

particulate matter (PM_{10} and $PM_{2.5}$). The program has been designed to enable Slovak scientists to independently perform data collection and environmental health risk assessment.

The study design involves investigating the relationship between ambient and indoor concentrations and personal exposures of the Banská Bystrica population to nitrogen oxides and inhalable particulates, sulphates and nicotine as a marker of passive smoking. Following the study goals 18 respondents from an office environment, 15 high school students and 16 industrial workers from 4 different working operations were selected. All subjects were residents of the Banská Bystrica area, but subjects residing in two different areas within Banská Bystrica. 24 hour measurements, including all – occupational, indoor and outdoor environment were performed twice, during summer and winter season.

The data collection will be followed by evaluation and communication of the results.

Research projects conducted in co-operation with Electric Power Research Institute Palo Alto, California, U.A.

Occupational Exposure Assessment and Bioavailability of Arsenic

(February – June 1994)

The purpose of this research was to investigate the relationship between exposure to arsenic by inhalation of coal fly ash and the kinetics of excretion of inorganic species (AS^{+3} , AS^{+5}) and the methylated metabolites, monomethylarsenic acid (MMA) and dimethylarsenic acid (DMA).

The study was undertaken to assess occupational exposure to arsenic in coal fly ash during maintenance operations performed during an outage in a coal –burning power plant. The power plant is located in the area where lignite coal of very high arsenic content is exploited in underground mines. Additionally this coal is burned in the power plant as one of the principal fuels.

41 power plant workers were selected into the study and full-shift breathing zone air samples were collected on the filter cassettes by personal sampling. Personal samples were obtained for up to five consecutive days for each worker. Urine samples were collected in the morning of the five days of the working week and at the end of the fourth and fifth shift. Bioavailability of arsenic was established by measuring urinary concentrations of both inorganic arsenic and its methylated metabolites.

Twenty persons living in nearby towns and villages were recruited as community references. Two consecutive 24-hour air samples were collected both inside and outside of the homes. Urine samples were collected. Hair and toe nails samples were collected from all participants. Questionnaires were administered to all subjects.

Arsenic in Coal Fly Ash Bioavailability Study – Phase 2

(1997 – 1998)

This study was the second phase of an arsenic in coal fly ash bioavailability research project being conducted at the Novaky Power Station in Slovakia. The Novaky site has been selected due to high arsenic levels detected in the coal and fly ash present at this power generating plant and the need for new information on this topic. The first phase revealed some degree of unexplained variability in the parameters studied. The second phase was designed to further delineate arsenic exposure and excretion parameters, and help identify sources of variability. A pilot study examining electrocardiogram and pulmonary function anomalies with elevated particulate matter exposures was also be conducted in the second phase. The Electric Power Research Institute, and its principal investigator, Dr. Janice Yager, are funding this work and providing guidance, direction and consultation. Dr. Eleonora Fabianova of the State Health Institute, located in Banska Bystrica, Slovakia, led the field team who was responsible for collection and analysis of the majority of collected environmental and biological monitoring samples. Mr. Jeff Hicks, CIH, of Geomatrix Consultants, provided guidance and consultation, particularly on the exposure measurements, to the project team. Mr. Patric Pangburn, of the Oregon Health Sciences University, provided guidance and administered electrocardiogram and pulmonary function tests.

Project in co-operation with Canada

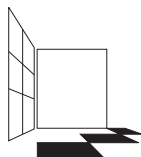
International Survey of Air Quality in Ice Rinks

(1994)

Coordinator: University of British Columbia Department of Medicine: Respiratory Division

An international survey of indoor air nitrogen dioxide concentrations in ice skating arenas was conducted in winter and early spring 1994. Since case reports had indicated incidents of acute respiratory illness due to NO₂ exposure in indoor ice rinks, this survey was designed to evaluate the distribution of NO₂ concentrations in these facilities.

One-week averages NO₂ concentrations were measured inside and outside of ice rinks located in nine countries, using a common sampling and analytical protocol. The international nature of the survey was designed to expand upon earlier, smaller survey, conducted in the US and Finland in order to evaluate the international extend of the problem and to attempt to identify different practices in the various countries which may be associated with increased NO₂ concentrations. In total, 332 rinks participated in the survey by collecting two 7-days integrated average NO₂ samples inside the ice arena and an additional sample outdoors. Each rink also completed a questionnaire describing the building, the resurfacing machines and their use patterns.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Jurić, Ž.¹, Jelavić, V.²

Emisija cestovnog prometa i utjecaj na kakvoću zraka u Hrvatskoj

Sažetak: U članku se analizira trend emisija onečišćujućih tvari u zrak iz cestovnog prometa za Hrvatsku, s posebnim osvrtom na 1997. godinu. Za proračun emisija korištena je metodologija razvijena u okviru europskog projekta CORINAIR (Coordinated Information System of Air Pollutant) u kojem sudjeluje i Hrvatska. Promatraju se emisije za promet najznačajnijih onečišćujućih tvari (NO_x , CO, NMVOC, SO_2 , CO_2 i Pb). Pad emisija je rezultat sve većeg udjela bezolovnog benzina (za 1997. godinu – 42,2 posto) i vozila s katalizatorom te nižeg sadržaja sumpora u gorivu. Proračun za 1997. godinu pokazuje da je emisija SO_2 uglavnom posljedica izgaranja u dizel vozilima (74 posto), dok je 89 posto emisije NMVOC, 95 posto emisije CO i 100 posto emisije Pb iz benzin-skih vozila. U članku je, također, prikazan doprinos emisija cestovnog prometa ukupnim emisijama na razini Hrvatske. Izvršena je i usporedba s odgovarajućim emisijama odabranih europskih zemlja.

Temeljem provedenih modeliranja onečišćenja i mjerenja, na primjerima Zagreba i Rijeke, komentiran je utjecaj prometa na kakvoću zraka u urbanim sredinama. Naročito se ukazuje na problem emisija fotooksidativnih plinova NO_x i NMVOC.

Road Transport Emission and their Impact on Air Quality in Croatia

Summary: The paper analyses the Croatian trends in air emission from road transport, highlighting particularly the year 1997. The emissions were calculated using the methodology developed within the European CORINAIR (Co-ordinated Information System of Air Pollutant) project in which Croatia has taken part. The emissions of the most important pollutants for traffic (NO_x , CO, NMVOC, SO_2 , CO_2 and Pb) have been calculated. The recent years have shown reduction in CO, SO_2 and Pb emissions regardless of constant increase in fuel consumption for road transportation and growth of road vehicle fleets.

1 Željko Jurić, dipl.inž., EKONERG – Institut za energetiku i zaštitu okoliša

2 Mr. Vladimir Jelavić, dipl.inž., EKONERG Holding

Reduction in emissions is caused by increased share of lead-free petrol (42.2 percent in 1997) and vehicles fitted with catalytic converters. The 1997 calculation indicates that the SO_2 emission has mostly been caused by diesel vehicles combustion (74 percent), while petrol vehicles combustion generated 89 percent of NMVOC, 95 percent of CO and 100 percent of Pb emissions. The paper also presents contribution of the road transport emissions to the total Croatian emission level. The comparison was made to the corresponding emissions in different European countries.

The impact of traffic on urban air quality is discussed on the basis of pollution modelling and monitoring, using the cities of Zagreb and Rijeka as an example. Special attention is paid to the emissions of photo-oxidising gases NO_x and NMVOC.

1. Uvod

Opće je poznato da je cestovni promet jedan od najznačajnijih uzročnika onečišćenja zraka [1]. Stoga se nameće potreba za praćenjem emisija iz prometa i procjenom utjecaja na kakvoću zraka. U ovom članku se prikazuje emisija iz cestovnog prometa, analizira utjecaj na onečišćenje zraka i predlažu neka moguća rješenja za smanjenje utjecaja.

Emisije iz stacionarnih izvora kao što su termoelektrane i industrijski objekti u velikoj mjeri su podvrgnute uspješnoj kontroli uporabom uređaja za smanjenje emisija i visokih dimnjaka. Iz prometa se onečišćujuće tvari ispuštaju u prizemnom sloju, tako da je utjecaj na prizemne koncentracije sve veći u odnosu na povišene izvore.

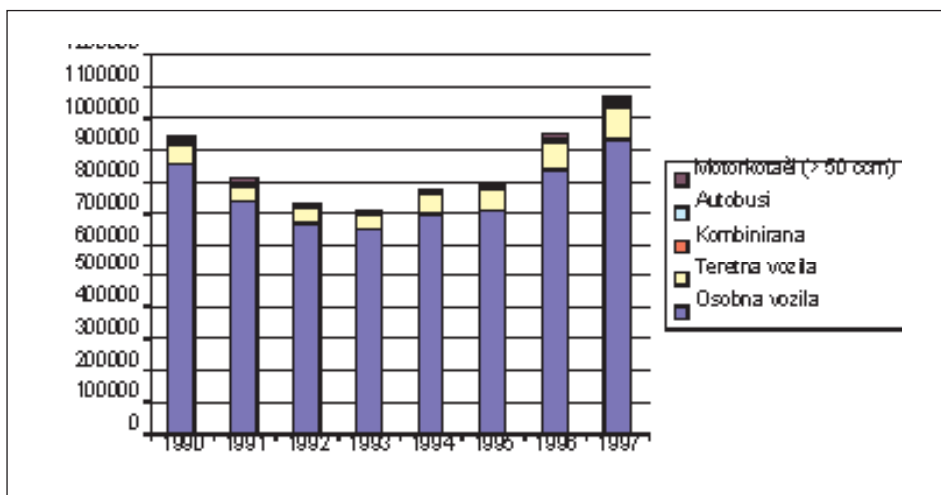
U Hrvatskoj se očekuje porast broja vozila i prijeđenih kilometara po vozilu. Povećanje domaće flote vozila uz značajan tranzitni promet i velika vršna opterećenja cesta tijekom turističke sezone imaju za posljedicu veći utjecaj prometa na onečišćenje zraka.

2. Flota vozila i promet

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku [2], Hrvatska je imala u 1997. godini ukupno 1.064.184 registriranih motornih vozila (4,5 stanovnika/1 osobno vozilo). Od ukupnog broja vozila gotovo 90 posto su osobna vozila, a ostalih 10-tak posto su teretna vozila, kombi vozila, autobusi i motorkotači (tablica 2-1).

Tablica 2-1: Broj i vrsta vozila u 1997. godini

Ukupno	Osobna vozila	Teretna vozila	Kombi vozila	Autobusi	Motorkotači
1064184	952278	8083	101031	4771	17401



Slika 2-1: Trend broja vozila u razdoblju od 1990. do 1997. godine

U Hrvatskoj nema proizvodnje osobnih vozila pa su sva vozila iz uvoza, najviše iz Europske zajednice. Posljednjih godina došlo je do velikog uvoza polovnih automobila, uglavnom starijih od tri godine, a mladih od sedam godina. Uvezena vozila podliježu homologaciji.

Broj vozila od 1990. do 1997. godine prikazan je na slici 2-1. Uslijed utjecaja ratnih zbivanja broj vozila se smanjivao do 1993. godine, od kada se počinje povećavati.

Potrošnja i karakteristike goriva u cestovnom prometu za 1997. godinu dana je u tablici 2-2. Sadržaj sumpora i olova određen je prema Uredbi o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva, a iz energetske bilance je poznato da se 10 posto motornog benzina, odnosno 28 posto dizela uvozi. Udio bezolovnog benzina iz godine u godinu raste da bi 1997. godine iznosio 42,2 posto.

Tablica 2-2: Potrošnja i karakteristike goriva za 1997. godinu

	Domaći	Polovni uvoz	Uvoz iz inozemstva	Ukupno
Potrošnja goriva (t)	175500	270520	201400	647420
Sadržaj sumpora (%)	0,374*	0,005**	0,005**	
Sadržaj olova (g/l)		0,012	0,465***	

* - 0,5 % S za domaće i 0,05 % S za uvozno dizel gorivo

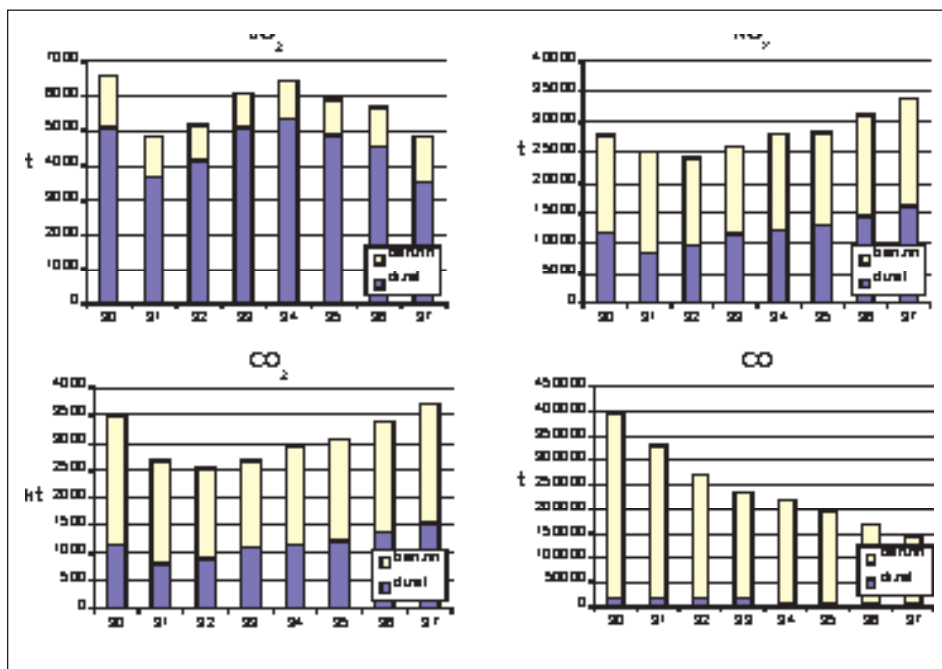
** - 0,1 % S za domaći i 0,05 % S za uvozni motorni benzin

*** - 0,5 g/l Pb za domaći i 0,15 g/l Pb za uvozni motorni benzin

Značajan udio ukupnog prometa u Hrvatskoj čini tranzitni međunarodni promet, a ljeti i promet turističkih vozila. Na glavnim prometnicama, tijekom turističke sezone česti su zastoji prometa. Izgradnja novih autocesta i cesta visokog standarda u velikoj će mjeri povećati tranzitni međunarodni promet i intenzitet prometa u turističkim područjima na Jadranu.

3. Emisija onečišćujućih tvari

Bilanciranje emisije onečišćujućih tvari u Hrvatskoj započeto je 1990. godine za potrebe europskog projekta CORINAIR (Coordinated Information System for Air Pollutants). Određuje se emisija osam onečišćujućih tvari (SO_2 , NO_x , NMVOC, CH_4 , CO_2 , CO, N_2O i NH_3), teških metala i postojanih organskih spojeva. U sklopu određivanja emisije na razini Hrvatske provodi se i proračun emisije cestovnog prometa. Određivanje emisija cestovnih vozila za 1997. godinu provedeno je korištenjem programskog paketa COPERT II, razvijenog za proračun skupne emisije na nacionalnoj ili regionalnoj razini [3]. Emisije za razdoblje 1991. do 1996. godine određene su iz podataka o potrošnji goriva u cestovnom prometu i prosječnih faktora emisije za pojedine vrste goriva, dok je pri određivanju emisije 1990. godine korišten stari COPERT program uz konzervativnu pretpostavku



Slika 3-1: Trend emisija SO_2 , NO_x i CO za razdoblje od 1990. do 1997. godine

da sva vozila spadaju u kategoriju PRECE (bez mjera zaštite), što znači da ne zadovoljavaju ECE norme.

Osnovni podaci za proračun pomoću COPERT II programa su struktura vozila, prijeđeni kilometri godišnje, prosječna brzina vozila i udjel prijeđenih kilometara u gradskim i izvan gradskim područjima i na autocestama. U program se unose također i podaci o potrošnji goriva, iz energetske bilance, koji osiguravaju kontrolu proračuna [4]. Na taj način posredno je u proračun obuhvaćen i tranzitni i turistički promet. Udio pređenih kilometara i prosječna brzina vozila u gradskim i izvan gradskim područjima i na autocestama su bazirani na podacima prikupljenim za potrebe izrade katastra Grada Zagreba [5].

Povećanje broja registriranih vozila i potrošnje goriva za potrebe cestovnog prometa direktno utječe na povećanje emisija iz cestovnog prometa. Međutim, uporaba kvalitetnijeg goriva s nižim sadržajem sumpora i olova te veći udio bezolovnog benzina i vozila s ugrađenim katalizatorom, s druge strane dovodi do smanjenja emisija. Pod utjecajem ovih, suprotnih, trendova dolazi do smanjenja emisija SO_2 , CO i Pb, a povećanja emisija CO_2 i NO_x [6].

Tablica 3-1: Emisije iz cestovnog prometa (t, CO_2 - kt), 1997. godina

	SO_2	NO_x	CO_2	CO	NM VOC	Pb
Ukupna vozila	1154	12989	1868	71149	17430	98
Kombinirana vozila	61	217	33	1403	386	3
Teretna vozila	3304	19420	1790	57953	8029	74*
Autobusi	280	1482	119	412	172	
Motorikota	33	23	55	10660	8027	8
Dizel	5362	18130	1318	3733	5243	0
Motorni benzin	1249	17494	2124	133168	28636	181
LPG	0	468	46	636	164	0
Ukupno	4811	34112	3688	141579	32045	181

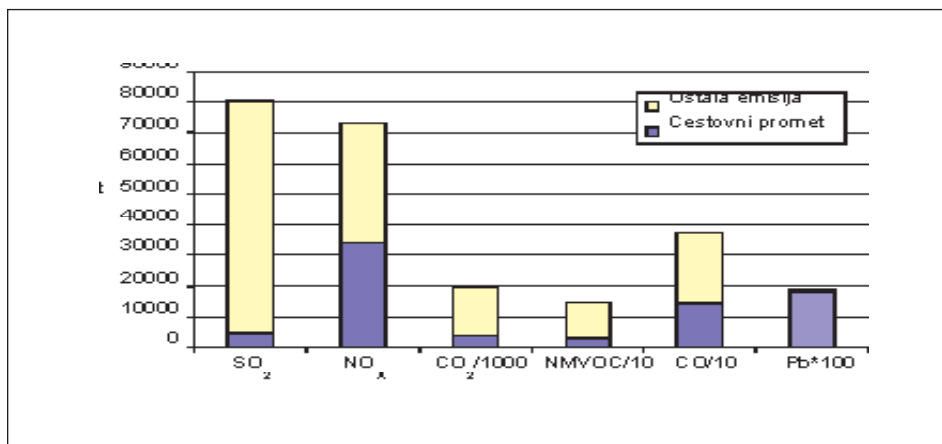
* - ukupno teretna vozila i autobusi

Emisije SO_2 i Pb direktno ovise o kakvoći goriva, dok je emisija CO_2 dobar pokazatelj utroška goriva. Emisije CO, NMVOC i NO_x ovise o tipu i starosti vozila te tehnološkim rješenjima za smanjenje emisije (vrsta i izvedba katalizatora). Treba istaknuti da postoje velike razlike između primijenjenih katalizatora. Oksidativnim

katalizatorima smanjuje se emisija CO i NMVOC za 70 do 80 posto, ali se emisija NO_x , N_2O i CH_4 čak povećava. Tek uporabom tro-staznih katalizatora smanjuje se emisija i NO_x za oko 60 posto u odnosu na vozila bez katalizatora. Trend emisija SO_2 , NO_x , CO_2 i CO za razdoblje od 1990. do 1997. godine dan je na slici 3-1. Provedeni proračun za 1997. godinu, primjenom COPERT II programa, daje ukupne godišnje emisije iz cestovnog prometa, po vrstama vozila i goriva, najznačajnijih onečišćujućih tvari (tablici 3-1).

Veliki udjel u emisiji SO_2 i NO_x , preko 50 posto, imaju teretna vozila, koja po broju čine manje od 10 posto voznog parka. Emisija SO_2 je većim dijelom posljedica izgaranja dizel goriva (74 posto), a direktno ovisi o sadržaju sumpora u gorivu. Emisije NMVOC, CO i Pb nastaju uglavnom iz benzinskih vozila, čak 89 posto emisije NMVOC, 95 posto emisije CO i 100 posto emisije Pb. Emisija olova u 1997. godini je na 40 posto vrijednosti iz 1990. godine, a pad emisije je posljedica manjeg sadržaja olova u motornom benzinu.

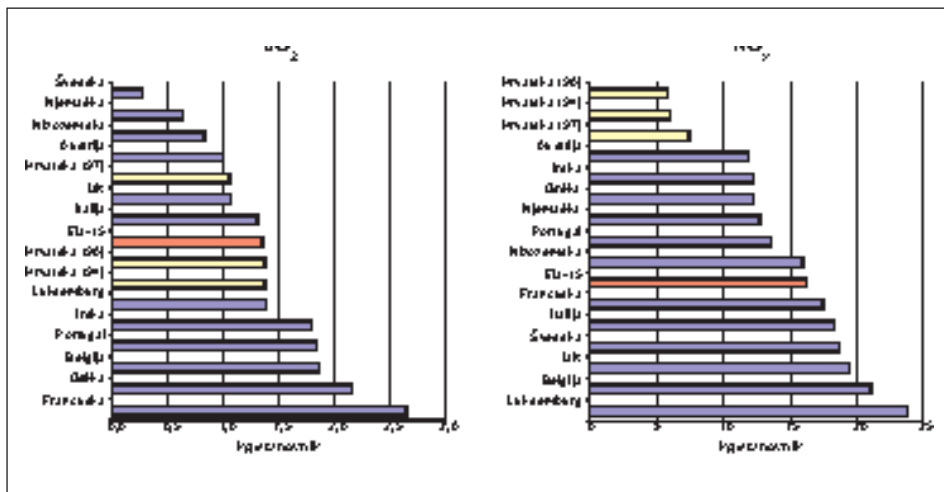
Na slici 3-2 dan je prikaz udjela emisije cestovnog prometa u ukupnoj emisiji Hrvatske za 1997. godinu. Cestovni promet ima najveće učešće u emisiji olova (95 posto), NO_x (46 posto) i CO (37 posto), dok u emisiji SO_2 ima učešće tek 6 posto.



Slika 3-2: Udjel cestovnog prometa u ukupnoj emisiji Hrvatske za 1997. godinu

Usporedi li se emisije iz cestovnog prometa po stanovniku u Hrvatskoj s odgovarajućim emisijama u zapadnoeuropskim zemljama može se primijetiti da je emisija SO_2 niža od većine navedenih zemalja, tj. na razini prosjeka Europske zajednice (EU-15), dok je emisija NO_x najniža (slika 3-3). Emisija drugih zemalja se odnosi na 1994. godinu, a za Hrvatsku su prikazane uz 1994. i posljednja

bilancirana godina 1997. te 1990. godina (referentna godina za europsku bazu podataka o emisijama CORINAIR).



Slika 3-3: Usporedba emisija iz prometa u Hrvatskoj s odgovarajućim emisijama europskih zemalja

4. Kakvoća zraka

Prizemne koncentracije onečišćujućih tvari ovisne su o emisijama u zrak, ali ovise i o fizičkim karakteristikama ispusta, meteorološkim uvjetima, kemijskim reakcijama u atmosferi i orografskim karakteristikama okoliša. Dugoročni cilj je zadržati prizemne koncentracije ispod preporučenih vrijednosti, odnosno osigurati I kategoriju kakvoće zraka.

Mjerenja pokazuju da je u posljednjih deset godina došlo do značajnog poboljšanja kakvoće zraka u velikim gradovima [7], uglavnom zahvaljujući intenzivnoj plinifikaciji malih ložišta i toplifikaciji.

Za grad Zagreb provedeno je modeliranje kakvoće zraka i utvrđen doprinos pojedinih izvora onečišćenju zraka. Modeliranje je provedeno korištenjem detaljnog katastra emisije modelom LONG-Z kojeg za ovakve namjene preporučuje Američka agencija za zaštitu okoliša. Promet u gradu Zagrebu ima udio u emisiji SO_x 15 posto, u emisiji NO_x 64 posto, a u emisiji čestica 20 posto, dok u prizemnim koncentracijama 38 posto ukoliko se promatra združeno djelovanje SO_x , NO_x i čestica, a u riziku ($SO_x + NO_x + \text{čestice}$) 39 posto [8]. Slična je situacija i u drugim gradovima. U Rijeci, veliki udio u emisijama imaju termoelektrana i rafinerije, ali promet, kao niski izvor emisije, ima znatan utjecaj na prizemne koncentracije. Detaljna modeliranja za grad Rijeku, koja su u tijeku, utvrdit će točan doprinos različitih izvora onečišćenju zraka.

Promet ima značajan doprinos onečišćenju zraka na lokalnoj razini. U prizemnim koncentracijama dušikovih oksida daleko najveći utjecaj ima promet, a također i u onečišćenju zraka hlapivim organskim spojevima, česticama i naročito olovom. Može se reći da je promet glavni uzročnik pojave ljetnog smoga (prizemnog ozona), koji nastaje kemijskim reakcijama dušikovih oksida i hlapivih organskih spojeva te niza ostalih spojeva uz prisustvo sunčevog zračenja.

Postojeća mreža postaja za praćenje onečišćenja uslijed prometa nije dovoljna. Program razvoja gradskog monitoringa trebao bi ići u smjeru obuhvata svih najvažnijih onečišćujućih tvari iz prometa i primjenu automatskih mjernih uređaja.

5. Moguća rješenja

Sama konstrukcija motora i uređaji za smanjenje emisija (katalizatori) nisu dovoljni za adekvatno smanjenje emisija, pa je potrebno na lokalnoj razini kombinacijom tehničkih mjera, regulacije prometa i promjene navika u korištenju javnog prometa naći odgovarajuće rješenje. Određeni koraci već su učinjeni donošenjem Uredbe o standardima kakvoće tekućih naftnih goriva (N.n. 76/97) i ograničavanjem starosne granice uvezenih vozila na 7 godina.

S obzirom da je problem onečišćenja iz prometa najviše izražen u gradovima, moguća rješenja su u rasponu od proširenja pješačkih zona i potpune zabrane ulaska vozila u gradove pa do selektivnog pristupa kojim se dopušta ulaz vozila s malom emisijom. Posljednje je već ušlo u praksu u nizu gradova, na primjer u Ateni i Trstu. Uz selektivne zabrane svakako pomaže i dobar monitoring. Dobra rješenja su i izvedbe gradskih tunela kao što se planira u Rijeci [9]. Izgradnjom tunela i ventilacijskih otvora u vidu dimnjaka smanjilo bi se postojeće opterećenje, a utjecaj bi nove autoceste bio minimalan. Očekuje se da će slične mjere imati presudan značaj u rješavanju pojedinih lokalnih problema.

Budući da Hrvatska nema vlastitu proizvodnju motornih vozila, a veliku većinu uvozi sa zapada, glavni zadatak bit će poticanje uvoza "čistih" vozila. Očekuje se da će se problem ublažiti uporabom kvalitetnijih goriva, alternativnih goriva (posebice plina) i povećanjem učinkovitosti potrošnje goriva. Navedene mjere možda neće smanjiti ukupne emisije pojedinih onečišćujućih tvari, kao što je CO₂, ali mogu smanjiti emitiranje SO₂, NO_x, CO, NMVOC i olova.

6. Zaključak

U Hrvatskoj se može uočiti od 1993. godine trend povećanja broja registriranih vozila i potrošnje goriva za potrebe cestovnog prometa, što direktno utječe na povećanje emisija onečišćujućih tvari. Međutim, s druge strane, uporaba kvalitetnijeg goriva s nižim sadržajem sumpora i olova te veći udio bezolovnog benzina i vozila s ugrađenim katalizatorom dovode do specifičnog smanjenja emisija po pređenom kilometru ili potrošenoj litri benzina. Ovi suprotni trendovi doveli su do smanjenja emisija SO₂, CO i Pb, a povećanja emisija CO₂ i NO_x.

Cestovni promet ima veliki udjel od čak 95 posto u ukupnoj emisiji olova, u emisiji NO_x sudjeluje s 46 posto, CO s 37 posto, a u emisiji SO_2 sa samo 6 posto. Emisije NMVOC, CO i olova uglavnom nastaju izgaranjem bezina, dok je SO_2 posljedica izgaranja dizel goriva.

Veliki doprinos onečišćenju zraka ima cestovni promet, a najveći su problemi onečišćenja dušikovim oksidima i hlapivim organskim spojevima zbog pojave ljetnog smoga i još uvijek značajne količine emitiranog olova. Ovi problemi mogu se ublažiti, prije svega, poticanjem uvoza "čistih" vozila i uporabom kvalitetnijeg goriva.

Literatura

- [1] EMEP/CORINAIR (1996): *Atmospheric Emission Inventory Guidebook*, Denmark
- [2] Državni zavod za statistiku (1998.): *Statistički ljetopis – 1998. godina*, Zagreb
- [3] European Topic Centre on Air Emission (1997): *COPERT II – Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport*, Greece
- [4] Energetski institut Hrvoje Požar (1998.): *Energetska bilanca za 1997. godinu*, Zagreb
- [5] EKONERG (1994.): *Katastar onečišćivača zraka (SO_x , NO_x i čestice) na području Grada Zagreba*, Zagreb
- [6] EKONERG (1999): *Emisije onečišćujućih tvari u atmosferu u Hrvatskoj za 1997. godinu*, Zagreb
- [7] Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada (1999): *Izvještaj o praćenju onečišćenja atmosfere na području Republike Hrvatske – 1998. godina*, Zagreb
- [8] EKONERG (1994): *Komparativna analiza utjecaja TE-TO i EL-TO Zagreb na onečišćenje zraka s obzirom na uporabu različitih energenata*, Zagreb
- [9] EKONERG (1996): *Procjena utjecaja na zrak dionice gradske magistralne ceste 105 u Rijeci*, Zagreb



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Tomašić V.,¹

Smanjenje emisija NO_x u atmosferu

Sažetak: Prema sadašnjim saznanjima, ispuštanje dušikovih oksida (NO_x ; $x = 1, 2$) u atmosferu još uvijek je jedan od najvećih problema u području zaštite zraka usprkos napretku u smanjenju zagađenja zraka ostalim onečišćujućim tvarima.

Postupci za smanjenje emisije NO_x općenito se mogu podijeliti na primarne ili preventivne postupke kojima se smanjuje mogućnost njihovog nastajanja na samom izvoru te sekundarne postupke obrade dimnih ili ispušnih plinova kojima se NO_x uklanjaju ili pretvaraju u spojeve koji ne izazivaju nepoželjan učinak na okoliš (redukcija NO_x do N_2). U zadnjem desetljeću katalitički postupci postaju bitni procesi pri razmatranju strategija kojima se smanjuje zagađenje svih ekosustava. Pri tome na katalitičku redukciju NO_x danas je usmjeren veći dio istraživanja. Katalitička redukcija NO_x do elemenata (N_2, O_2) može se ostvariti neposredno - razgradnjom na prikladnom katalizatoru te posredno - uporabom plinovitih reducensa kao što su NH_3 , CO , ugljikovodici i drugi.

U radu će se dati pregled postupaka za uklanjanje dušikovih oksida kao i prikaz rezultata istraživanja neposredne katalitičke razgradnje NO na Cu/ZSM-5 katalizatoru.

Abatement of NO_x Emission Into Atmosphere

Summary: The removal of nitrogen oxides (NO_x) from exhaust stream of various combustion sources has received considerable attention in recent years because of their detrimental impact in the environment. Acid rains, photochemical smog and tropospheric ozone production are some of the consequences of their wide range effects. Additionally, N_2O is one of the compounds responsible for the greenhouse effect and stratospheric ozone depletion. Therefore, considerable attention has been paid to develop the new and to upgrade the existing technologies of their removal from the flue gas before they are discharged into the atmosphere. Nitrogen oxide emission can be reduced with primary methods, where the abatement of NO_x emission is done by the use of the fuels with low content of nitrogen compounds or by suitable modification of the combustion process and combustion equipment. Though primary methods are efficient, their influence on the reduction of NO_x emission is small. More effective are secondary methods, e.g. catalytic reduction of NO_x . Catalytic decomposition of NO is the simplest and the cheapest way for the removal of NO from the exhaust. This article discusses the sources and outcomes of pollution with nitrogen oxides, the procedures for their removal from atmosphere and solution that might be brought in this respect in the near future.

¹ V. Tomašić, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Sveučilište u Zagrebu

Uvod

Dušikovi spojevi, NO_x i NO_y , koji se nalaze u atmosferi i koji onečišćuju zrak uključuju sljedeće komponente:



Međutim, posebna pozornost se pridaje dušikovim oksidima (NO_x) jer oni predstavljaju polazne komponente iz kojih različitim kemijskim pretvorbama u atmosferi nastaju ostali spojevi koji imaju nepoželjan učinak na okoliš¹. Između ostalog, posljedice učinka navednih spojeva na okoliš su pojava kiselih kiša, nastajanje fotokemijskog smoga te povećana koncentracija ozona u troposferi. U novije vrijeme pažnja se posvećuje i dušikovom oksidu (N_2O) zbog njegovog doprinosa globalnom zagrijavanju zoosfere².

Izvori dušikovih oksida općenito se mogu podijeliti na prirodne i antropogene. Prirodni izvori su primjerice procesi anaerobne mikrobiološke razgradnje tla, atmosferska električna izbijanja, sagorjevanje biomase (šumski požari) i drugi. Međutim, povećana prisutnost NO_x u atmosferi je u najvećoj mjeri posljedica ljudskog djelovanja i življenja. Antropogeni izvori mogu se podijeliti na pokretne ili mobilne izvore (ispušni plinovi iz motornih vozila, aviona i sl.) te na stacionarne ili nepokretne izvore (energetska postrojenja, različiti industrijski procesi kao što su proizvodnja HNO_3 , umjetnih gnojiva, polimera, postupci nitriranja u organskoj kemijskoj industriji, ostali procesi sagorjevanja u industriji i domaćinstvima, poljoprivredne djelatnosti kao što je proizvodnja silaže i dr.). Koncentracija NO_x u otpadnim plinovima navedenih industrijskih procesa može biti znatno veća od koncentracije u dimnim plinovima različitih procesa sagorjevanja, međutim ukupni volumen emitiranih plinova iz industrijskih procesa je mnogo manji od volumena emitiranih plinova nastalih procesima sagorjevanja¹. Usprkos sve strožijim propisima o dopustivim koncentracijama NO_x u okolišu, još uvijek se ne primjenjuju sve raspoložive metode kojima je moguće smanjiti onečišćenje. Takvom ponašanju u znatnoj mjeri pridonose ekonomski čimbenici, a kao dodatni razlog je potrebno istaknuti nedovoljno poznavanje suštine problema te mogućih pristupa rješavanju.

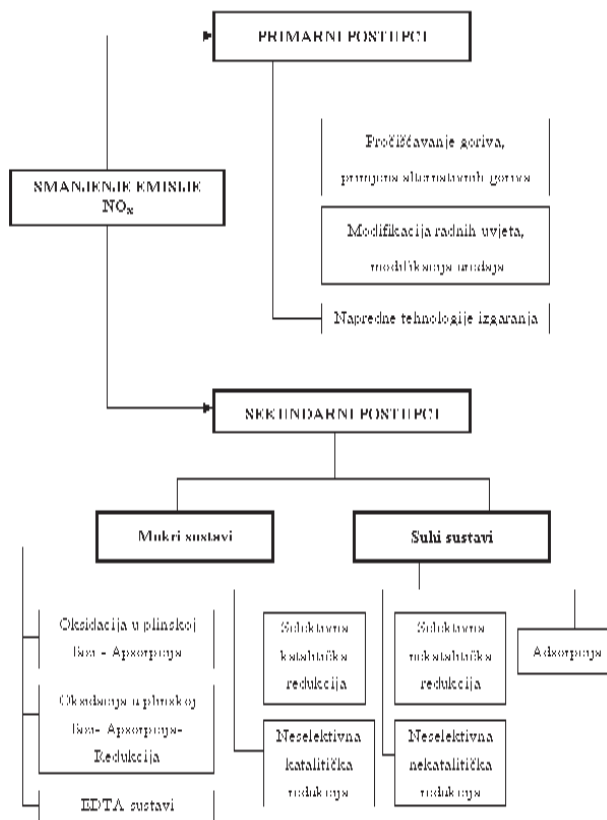
Postupci za smanjenje emisije NO_x u atmosferu

Emisija NO_x u atmosferu može se smanjiti na različite načine (slika 1). Izbor odgovarajućeg postupka ovisi o samom izvoru emisije, ukupnoj količini emitiranih plinova, o prisutnosti ostalih komponenata u dimnim plinovima (kao što su CO , SO_x , suspendirane čestice i drugi) te o ekonomskim čimbenicima.

Primarni ili preventivni postupci su svakako opravdaniji (iako ne uvijek i ekonomičniji) jer se tim postupcima smanjuje mogućnost nastajanja NO_x na samom izvoru. To se postiže na različite načine, primjerice smanjenjem udjela dušika u gorivu postupcima hidrodenitrogenacije (HND). Uporabom alternativnih goriva koja u svom sastavu sadrže manju količinu dušika također se može znatno smanjiti

koncentracija “gorivih” dušikovih oksida, tj. oksida koji potječu od dušika prisutnog u samom gorivu. Tako se uporabom prirodnog plina umjesto nafte emisija NO_x može smanjiti i do 75 %³. Nastajanje “termičkih” NO_x neovisno je o sastavu goriva, no znatno ovisi o radnim uvjetima pri kojima se sagorjevanje provodi. Stoga se njihova koncentracija u dimnim plinovima može smanjiti izmjenom radnih uvjeta pri kojima se sagorjevanje provodi, odnosno smanjenjem temperature i vremena zadržavanja plinovitih produkata u zoni sagorjevanja, smanjenjem koncentracije kisika kao i odabirom optimalnog omjera goriva i zraka. Konstruktivnim izmjenama uređaja u kojima se sagorjevanje provodi (plamenici, kotlovi, ložišta i ostali uređaji) također se mogu postići niske emisije NO_x.

U nekim slučajevima se čak i rabeći gorivo loše kakvoće može postići znatno smanjenje NO_x emisija primjenom naprednih (i vrlo skupih) tehnologija sagorjevanja kao što su tehnologija sagorjevanja ugljena u uzvitlanom sloju⁴ te tehnologija rasplinjavanja čvrstih i tekućih goriva u sintetički plin⁵. Rasplinjavanje predstavlja superiorno tehnološko rješenje za proizvodnju električne energije zbog toga što omogućuje tzv. integralni pristup u zaštiti okoliša jer ujedinjuje sve prednosti koje



Slika 1. Postupci za smanjenje emisije NO_x u atmosferu.

su poznate u zaštiti zraka, voda i nastajanja čvrstog otpada. Potrebno je istaknuti da se primarnim postupcima ne mogu u potpunosti zadovoljiti sve strožiji kriteriji o dopustivim koncentracijama NO_x u zraku, te se stoga u nekim slučajevima oni moraju kombinirati ili zamijeniti sa sekundarnim postupcima obrade dimnih plinova prije njihovog ispuštanja u okoliš (eng. end of pipe solution).

Kao što je prikazano na slici 1 sekundarni postupci mogu se po načinu provedbe podijeliti na mokre i suhe postupke. Mokri postupci uključuju različite procese apsorpcije NO_x u vodenim i lužnatim otopinama. Kako 90 % NO_x dolazi u obliku NO koji je relativno inertan, nužno ga je djelomično ili potpuno oksidirati u NO_2 koji se zatim apsorbira u odgovarajućem otapalu. Oksidacija se može provoditi u plinskoj fazi s oksidansima kao što su molekularni kisik, O_2 , ozon, O_3 i klordioksid, ClO_2 ,

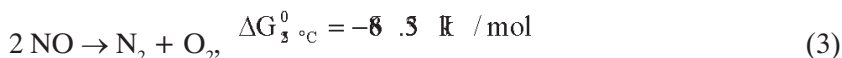


ili u tekućoj fazi, najčešće u vodenim otopinama NaOH, KMnO_4 , H_2O_2 , $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{FeSO}_4$, $\text{Na}_2\text{SO}_3/\text{Fe}^{3+} \cdot \text{EDTA}$ i drugi.^{1,6,7} Da bi se ubrzao proces oksidacije u plinskoj fazi u nekim slučajevima rabe se različiti katalizatori (različiti metalni oksidi kao što su CoO , MnO_2 , Fe_2O_3 , CuO , Cr_2O_3 na Al_2O_3 kao nosaču, miješani metalni oksidi CuO/MnO_2 , CoO/CuO i drugi)^{6,8}.

Dušikovi oksidi se iz dimnih plinova najčešće uklanjaju suhim postupcima, tj. različitim postupcima redukcije (konverzije NO_x u N_2). Redukcija se najčešće provodi uz odgovarajući reducens koji se istodobno oksidira. S obzirom na katalizator razlikuju se nekatalitički i katalitički postupci, a s obzirom na reducens selektivni i neselektivni postupci. Pod selektivnošću podrazumijeva se da reducens pretežno reagira sa NO_x , a ne sa ostalim oksidansima u struji dimnih plinova. Pri tome selektivnost ovisi o reakcijskim varijablama te o vrsti reducensa i katalizatora koji se rabe pri redukciji. Pokazalo se da su H_2 , CO te CH_4 neselektivni reducensi jer uz glavni produkt (N_2) nastaje i N_2O kao sporedni produkt reakcije. Dugo vremena se smatralo da je selektivna katalitička redukcija NO_x u uvjetima suviška kisika u struji dimnih plinova moguća jedino uz uporabu NH_3 kao reducensa. Stoga je nedavno otkriće selektivne katalitičke redukcije NO_x s ugljikovodicima ($\geq \text{C}_2$) izazvalo veliko zanimanje svjetske znanstvene javnosti, kako u znanstvenim institucijama tako i u automobilske industriji te rezultiralo prijavom brojnih патената. Detaljan pregled katalizatora, mehanizma i kinetike reakcije može se naći u dostupnoj literaturi^{9,10}, a pregled patentne literature s naznakom problema koje je potrebno riješiti da bi se omogućila praktična primjena ovog katalitičkog procesa dali su Tabata i sur.¹¹. Iwamoto¹² navodi ciljeve budućih istraživanja koja bi mogla pridonijeti ostvarenju ovih nastojanja: a) poboljšanje aktivnosti i selektivnosti postojećih katalizatora u širokom području temperatura; b) produženje vijeka trajanja katalizatora (povećanje termičke stabilnosti kod temperatura 800-850 oC, povećanje otpornosti na trovanje s SO_2 i H_2O) te c) sagledavanje kinetike i mehanizma reakcije.

Neposredna katalitička razgradnja NO

Dušikov monoksid je termodinamički nestabilan u odnosu na N₂ i O₂ kod temperatura ispod 927 °C⁹



Neposredna katalitička razgradnja NO do elemenata intenzivno je izučavana u posljednjih nekoliko desetljeća, posebice stoga što je najjednostavniji a time i najprihvatljiviji katalitički postupak za uklanjanje NO iz dimnih plinova. Ustanovljeno je da se dušikov monoksid, usprkos termodinamičke nestabilnosti, izuzetno sporo razgrađuje u odsutnosti odgovarajućeg katalizatora. Iz tog razloga istraživanja su uglavnom bila usmjerena ka pronalaženju katalizatora koji će omogućiti odigravanje reakcije odgovarajućom brzinom. Do sada izučavani katalizatori mogu se podijeliti u nekoliko skupina: a) plemeniti metali (Pt, Pd Rh na različitim nosačima), b) različiti metalni oksidi, miješani oksidi i perovskiti, 3) zeoliti modificirani metalima (kao što su Cu, Co, Ni) te različiti metalosilikati. Rezultati istraživanja provedenih na različitim katalizatorima ukazali su na problem inhibicije reakcije sa produktom (O₂). Najveći doprinos rješavanju ovog problema dali su Iwamoto i sur.¹³ te Held i sur.¹⁴ koji su neovisno jedni o drugima otkrili da ZSM-5 zeoliti modificirani bakrom pokazuju izuzetno dobre katalitičke značajke (aktivnost, stabilnost, selektivnost) neusporedive sa značajkama tradicionalnih katalizatora.

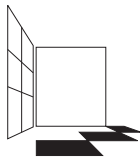
Daljnji razvoj postupaka za smanjenje emisija NO_x u atmosferu bit će svakako usmjeren na razvoj novih katalitičkih postupaka, posebice neposredne katalitičke razgradnje NO na zeolitnim katalizatorima koja, kako se pretpostavlja, ima važnu ulogu u složenom mehanizmu selektivne katalitičke redukcije NO_x s ugljikovodnicima. Prema predviđanjima japanskih istraživača¹⁵ ova katalitička tehnologija će doživjeti komercijalnu primjenu u 21. stoljeću.

U okviru znanstvenog projekta "Održive tehnologije" (voditelj projekta: prof. dr.sc. Stanka Zrnčević) na Fakultetu kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu se rade opsežna istraživanja zeolitnih katalizatora s obzirom na njihovu potencijalnu primjenu za uklanjanje NO_x kako iz nepokretnih tako i iz pokretnih izvora. S tom namjerom provedena su ispitivanja utjecaja različitih parametara pripreme ZSM-5 zeolita modificiranih s bakrom na fizičke, kemijske i katalitičke značajke ovako pripremljenih katalizatora u reakciji neposredne razgradnje NO. Na osnovi do sada provedenih istraživanja dokazano je da postoji optimalna količina bakra na katalizatoru kod koje Cu/ZSM-5 pokazuje maksimalnu aktivnost. S porastom omjera Si/Al odnosno sa smanjenjem količine aluminijske u zeolitu raste aktivnost katalizatora, a istovremeno raste i njegova termička stabilnost. S porastom temperature kalciniranja od 773 K do 1073 K smanjuje se aktivnost katalizatora, dok dodatak veziva dovodi do promjene fizičkih i elektronskih značajki katalizatora te olakšava oblikovanje katalizatora u postupku pripreme. Također se izučava utjecaj različitih reakcijskih parametara

kako na brzinu neposredne katalitičke razgradnje dušikovog monoksida tako i na brzinu sporedne reakcije oksidacije neizreagiranog NO s kisikom nastalim reakcijom razgradnje. Predloženi su postupci koji imaju potencijalnu važnost pri rješavanju problema nastajanja NO₂ u eksperimentalnom sustavu za uklanjanje NO. Na osnovi ovih rezultata može se zaključiti da Cu/ZSM-5 katalizator ima veliku aktivnost i stabilnost u navedenim radnim uvjetima. Stoga će daljnja istraživanja biti usmjerena na poboljšanje njihovih uporabnih svojstava.

Literatura

1. de Nevers, N., Air Pollution Control Engineering, McGraw Hill, New York (1995)
2. Benn F.R., McAuliffe C.A., Chemistry and Pollution, Macmillan Press Ltd., London (1975) P.87.
3. Lambert D., McGowan T.F.: NO_x control techniques for the CPI, Chem.Eng. (1996) 98.
4. Bergsma F.: Abatement of NO_x from coal combustion. Chemical background and present state of technical development, Ind. Eng. Chem. Proc. Des. Dev., **24** (1985) 1.
5. Norman J., Pourkashanian M., Williams A.: Modelling the formation and emission of environmentally unfriendly coal species in some gasification processes, Fuel, **76** (1997) 1201.
6. Karlsson H. T., Rosenberg H.S.: Fuel gas denitrification. Selective catalytic oxidation of NO to NO₂, Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev., **23** (1984) 808.
7. Uchida S., Kobayashi T., Kageyama S.: Absorption of Nitrogen Monoxide into aqueous KMnO₄/NaOH and Na₂SO₃/FeSO₄ solutions, Ind. Eng. Chem. Proc. Des. Dev., **22** (1983) 323.
8. Eguchi K., Watabe M., Machida M., Arai H., Catal. Today **27** (1996) 297.
9. Shelef M.: Selective catalytic reduction of NO_x with N-free reductants, Chem. Rev., **95** (1995) 209.
10. Hamada H.: Selective reduction of NO by hydrocarbons and oxygenated hydrocarbons over metal oxide catalysts, Catal. Today, **22** (1994) 21.
11. Tabata T., Kokitsu M., Okada O.: Study on patent literature of catalysts for a new NO_x removal process, Catal. Today, **22** (1994) 147.
12. Iwamoto M., Yahiro H.: Novel catalytic decomposition and reduction of NO, Catal. Today, **22** (1994) 5.
13. Iwamoto M., Furukawa H., Mine Y., Uemura F., Mikuriya S., Kagawa S.: Copper(II) ion-exchanged ZSM-5 zeolites as highly active catalysts for direct and continuous decomposition of nitrogen monoxide, J. Chem.Soc., Chem. Commun., **16** (1986) 1272.
14. Held W., König A., Richter T., Puppe L., SEA Paper 900496 (1990)
15. Yokomichi Y., Nakayama T., Okada O., Yopkoi Y., Takahasi I., Uchida H., Ishikawa H., Yamaguchi R., Matsui H., Yamabe T.: Fundamental study of the direct decomposition catalysts, Catal. Today, **29** (1996) 155.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Hršak, J.¹, Šega, K.¹

Pregled mjerenja emisija iz stacionarnih izvora

Sažetak: Prikazane su ocjene razina emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora na osnovi mjerenja provedenih u razdoblju od siječanja 1996. do svibnja 1999. godine. Razine su ocijenjivane usporedbom s graničnim vrijednostima propisanim Uredbom o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, NN140, 1997. Ocjene su podijeljene u tri kategorije: zadovoljava, uvjetno zadovoljava i ne zadovoljava. Izvori emisija podijeljeni su u dvije osnovne kategorije: kotlovnice, tehnološki izvor. Daljnja podjela načinjena je s obzirom na uporabu i vrstu goriva, odnosno odsutnost procesa sagorijevanja. Ovisno o izvoru, mjerene su emisije sljedećih parametara: krute čestice, ugljik II oksid, sumpor IV oksid, dušikovi oksidi prikazani kao dušik IV oksid, policiklički aromatski ugljikovodici, amonijak, fenol, formaldehid, fluorid, vodik II sulfid, klorovodik, olovo i kadmij. Rezultati pokazuju da razine emisija ovise prvenstveno o vrsti goriva od kojih najbolji izbor predstavljaju zemni plin i loživo ulje EL, dok sagorijevanje ugljena i teškog ulja najviše doprinosi onečišćenju zraka.

Survey of Emission Levels from Stationary Sources

Summary: Emission levels from stationary sources were assessed for the January 1996-May 1999 period. Emissions were compared to the limit values set by the Ordinance on emission limit values from stationary sources, NN 140, 1997. Levels were graded into three categories: satisfactory, conditionally satisfactory and not satisfactory. Emission sources were placed in two main categories: energy production, industrial sources, with subdivision based on fuel type. The following pollutants were investigated: particulate matter, carbon monoxide, sulphur dioxide, nitrogen oxides, polycyclic aromatic hydrocarbons, ammonia, phenols, formaldehyde, hydrogen sulphide, chlorides, lead and cadmium. Results suggest that the fuel type has the primary influence on emission levels, gas and light oil being the best choice, while carbon and heavy oil contribute most to the total emissions from stationary sources.

¹ Janko Hršak, Krešimir Šega, Jedinica za higijenu okoline, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada

Uvod

Prikazani su rezultati ukupno 92 mjerenja emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora koja je na osnovu zahtjeva naručitelja provela Jedinica za higijenu okoline IMI-a, u razdoblju od siječnja 1996. do svibnja 1999. godine. Emisije nekih izvora ponavljano su mjerene kroz navedeno razdoblje. Izvori su podijeljeni u dvije osnovne kategorije: energetske izvore (kotlovnice), te tehnološke izvore. Tehnolološki izvori dodatno su podijeljeni u dvije podskupine: izvori koji uključuju proces sagorijevanja i izvori neovisni od procesa sagorijevanja goriva. Rezultati mjerenja ocijenjeni su prema *Uredbi o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, NN140, 1997.* (1), a prije stupanja na snagu navedene Uredbe prema njenom prijedlogu iz 1995. godine (u daljnjem tekstu Uredba). Ovisno o potrebi mjerenja, prikazane su ocjene razina emisija sljedećih parametara: krute čestice, ugljik II oksid, sumpor IV oksid, dušikovi oksidi prikazani kao dušik IV oksid, policiklički aromatski ugljikovodici, amonijak, fenol, formaldehid, fluorid, vodik II sulfid, klorovodik, olovo i kadmij.

Metode

Koncentracije ugljik II oksida, sumpor IV oksida, te dušikovitih oksida prikazanih kao dušik IV oksid mjereni su automatskim uređajem ECOM SL, proizvodnje rbr Computertechnik. Koncentracije krutih čestica određivane su gravimetrijski uz izokinetičko sakupljanje uzoraka.

Sadržaj policikličkih aromatskih ugljikovodika u krutim česticama određivan je metodom visokoučinske tekućinske kromatografije. Teški metali su nakon ekstrakcije iz čestica određivani metodom spektrometrije atomske apsorpcije. Amonijak, fenol, formaldehid, klorovodik i plinoviti fluoridi sakupljeni su u plinske ispiralice s određenom apsorpcijskom otopinom, a potom analizirani spektrofotometrijski, odnosno ion-selektivnom elektrodom. Vodik II sulfid sakupljan je na impregnirane filtre, a sadržaj sulfida određivan spektrofotometrijski uz pomoć molibdenskog plavila.

Rezultati i rasprava

Ocjene rezultata mjerenja emisija s obzirom na Uredbu prikazane su Tablicama 1-3. Rezultati su podijeljeni u tri kategorije:

- Zadovoljava - vrijednosti emisija su niže od graničnih vrijednosti propisanih Uredbom za nova ložišta
- Uvjetno zadovoljava - vrijednosti emisija zadovoljavaju uvjete propisane za postojeća ili postrojenja u izgradnji na dan stupanja na snagu Uredbe (Članak 129.)
- Ne zadovoljava - vrijednosti emisija ne zadovoljavaju granične vrijednosti propisane Uredbom.

Emisije onečišćenja zraka iz kotlovnica

U Tablici 1. prikazane su ocjene emisija iz kotlovnica, ukupno 39 mjerenja. Ocjene su podijeljene u pet skupina s obzirom na korišteno gorivo: drvo i drvni otpad (11), loživo ulje EL (8), loživo ulje S (6), mazut (1), zemni plin (13).

Kotlovnice koje koriste drvo i drvni otpad

Vidljivo je da emisije sumpor IV oksida, dušikovih oksida i policikličkih aromatskih ugljikovodika na svim mjernim mjestima zadovoljavaju propisane granične vrijednosti. Emisije ugljik II oksida u 27.3 % slučajeva uvjetno zadovoljavaju, u 18.2 % ne zadovoljavaju granične vrijednosti propisane Uredbom, dok emisije krutih čestica u 36.4 % slučajeva uvjetno zadovoljavaju, odnosno u 9.1 % ne zadovoljavaju granične vrijednosti propisane Uredbom. Povišene vrijednosti emisija su posljedica načina dobave goriva u stara i prerađena ložišta, koja se obavlja periodički i uz-

Tablica 1. Zadovoljavanje uvjeta emisije onečišćenja iz kotlovnica

vrsta kotlovnice	drvo i drvni otpad		loživo ulje EL		loživo ulje S		mazut		zemni plin	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
dušikovi oksidi (NOx)										
1	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
2	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
3	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
4	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
5	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
dušikov dioksid (NO2)										
1	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
2	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
3	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
4	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
5	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
sumporov dioksid (SO2)										
1	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
2	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
3	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
4	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
5	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
kruti čestici (PM10)										
1	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
2	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
3	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
4	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
5	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
kruti čestici (PM2.5)										
1	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
2	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
3	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
4	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
5	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
ugljični monoksid (CO)										
1	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
2	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
3	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
4	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
5	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
ugljični dioksid (CO2)										
1	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
2	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
3	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
4	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100
5	1	100	1	100	1	100	1	100	1	100

rokuje privremeno zagušenje ložišta. Kod novijih postrojenja s kontinuiranim i doziranim pritjecanjem goriva ne dolazi do povišenih emisija.

Kotlovnice koje koriste loživo ulje EL

Sve izmjerene vrijednosti emisija iz ložišta koja koriste loživo ulj EL kao gorivo zadovoljavaju granične vrijednosti emisija propisanih Uredbom za nova ložišta.

Kotlovnice koje koriste loživo ulje S

Na svim mjernim mjestima vrijednosti emisija ugljik II oksida zadovoljavale su granične vrijednosti propisane Uredbom za nova ložišta. Emisije sumpor IV oksida u 25 %, dušikovih oksida u 75 %, te krutih čestica u 16.7 % slučajeva uvjetno su zadovoljavale propisane granične vrijednosti.

Kotlovnice koje koriste teško loživo ulje

Emisije onečišćenja zraka mjerene su na samo jednoj kotlovnici koja koristi teško loživo ulje. Razina emisija ugljik II oksida je zadovoljavala, dok su emisije sumpor IV oksida, dušikovih oksida i krutih čestica uvjetno zadovoljavale propisane granične vrijednosti.

Kotlovnice koje koriste zemni plin

Sve izmjerene vrijednosti emisija sumpor IV oksida, dušikovih oksida i krutih čestica zadovoljavale su propisane granične vrijednosti, dok je emisija ugljik II oksida u jednom slučaju (7.7%) uvjetno zadovoljavala propisane granične vrijednosti.

Emisije onečišćenja zraka iz tehnoloških izvora

U Tablici 2. prikazane su ocjene emisija iz tehnoloških izvora uz sagorijevanje goriva, ukupno 25 mjerenja. Ocjene su podijeljene u četiri skupine s obzirom na korišteno gorivo: loživo ulje EL (2), loživo ulje S (1), ugljen (14), zemni plin (8).

Tehnološki izvori koji koriste loživo ulje EL

Sve izmjerene vrijednosti emisija sumpor IV oksida, dušikovih oksida i ugljik II oksida iz tehnoloških izvora koji koriste loživo ulje EL kao gorivo zadovoljavaju granične vrijednosti emisija propisanih Uredbom za nova ložišta. U jednom slučaju emisija krutih čestica uvjetno je zadovoljavala propisane granične vrijednosti.

Tehnološki izvori koji koriste loživo ulje S

Emisije su mjerene na jednom tehnološkom izvoru koji koristi loživo ulje S. Izmjerene vrijednosti emisija sumpor IV oksida, dušikovih oksida i ugljik II oksida su zadovoljavale, dok je razina emisije krutih čestica bila povišena i uvjetno zadovoljavala propisane granične vrijednosti.

Tablica 2. Zadovoljavanje uvjeta emisije onečišćenja iz tehnoloških postrojenja uz sagorijevanje goriva

Izvor onečišćenja	Zadovoljavanje		Uvjetno zadovoljavanje		Nije zadovoljavanje	
	U	Ne	U	Ne	U	Ne
Sumpor dioksida (SO_2)						
U	1	100	0	0	0	0
Ne	1	100	0	0	0	0
%	1	100	0	0	0	0
Uvjetno zadovoljavanje	1	100	0	0	0	0
Dušikovi oksidi (NO_x)						
U	1	100	0	0	0	0
Ne	1	100	0	0	0	0
%	1	100	0	0	0	0
Uvjetno zadovoljavanje	0	0	1	100	0	0
Ugljik dioksida (CO_2)						
U	10	92.9	0	17.1	0	0
Ne	10	17.1	0	21.1	1	17.1
%	0	12.5	1	20.9	1	20.9
Uvjetno zadovoljavanje	1	20.9	0	12.5	1	20.9
Ugljik monoksida (CO)						
U	0	100	0	0	0	0
Ne	0	100	0	0	0	0
%	1	21.4	0	0	1	100
Uvjetno zadovoljavanje	0	0	1	100	0	0

Tehnološki izvori koji koriste ugljen

Izmjerene razine emisija sumpor IV oksida zadovoljavale su u 92.9 % slučajeva, dok su na jednom mjernom mjestu bile povišene i uvjetno zadovoljavale propisane granične vrijednosti. Emisije dušikovih oksida uvjetno su zadovoljavale u 21.4 % slučajeva, dok su na jednom mjernom mjestu bile znatno povišene i nisu zadovoljavale propisane granične vrijednosti. Emisije ugljik II oksida uvjetno su zadovoljavale u 28.6 % slučajeva, dok su na četiri mjerna mjesta (28.6 %) bile znatno povišene i nisu zadovoljavale propisane granične vrijednosti. Emisije krutih čestica uvjetno su zadovoljavale u 42.8 % slučajeva, dok su na četiri mjerna mjesta (28.6 %) bile znatno povišene i nisu zadovoljavale propisane granične vrijednosti.

Tehnološki izvori koji koriste zemni plin

Razine emisija sumpor IV oksida i dušikovi oksida u potpunosti su zadovoljavale Uredbom propisane granične vrijednosti za nova postrojenja. U jednom slučaju (12.5 %) emisije ugljik II oksida bile su izrazito visoke i nisu zadovoljavale propisane granične vrijednosti. Emisije krutih čestica u jednom su slučaju (12.5 %) uvjetno zadovoljavale, a u jednom (12.5 %) nisu zadovoljavale propisane granične vrijednosti. Ovdje je potrebno napomenuti da su prekoračenja izmjerena na is-

pustu improvizirane bolničke spalionice otpada, što kvari ukupnu sliku o razinama emisija pri sagorijevanju zemnog plina.

U Tablici 3. prikazane su ocjene emisija iz izvora gdje pri tehnološkom procesu ne dolazi do sagorijevanja goriva. Ovisno o vrsti tehnološkog procesa, mjerene su emisije sljedećih parametara: krute čestice, olovo, kadmij, amonijak, fenoli, formaldehid, fluoridi, sumporovodik i kloridi.

Razine emisija krutih čestica u 89.3 % slučajeva su zadovoljavale, u jednom slučaju uvjetno zadovoljavale, dok u dva slučaja (7.1 %) nisu zadovoljavale granične vrijednosti propisane Uredbom. Razine emisija olova i kadmija su zadovoljavale propisane vrijednosti u 90.0% slučajeva, dok su na jednom mjernom mjestu bile povišene i uvjetno zadovoljavale granične vrijednosti. Razine emisija flurida su zadovoljavale propisane vrijednosti u 83.3 % slučajeva, dok su na jednom mjernom mjestu bile povišene i uvjetno zadovoljavale granične vrijednosti. Izmjerene razine emisija amonijaka, fenola, formaldehida sumprovdika i klorovodika u potpunosti su zadovoljavale granične vrijednosti za nova postrojenja propisane Uredbom.

Tablica 3. Zadovoljavanje uvjeta emisije onečišćenja iz tehnoloških postrojenja bez sagorijevanje goriva

Izvor onečišćenja	n	Dobro		Djelomično		Ne zadovoljava	
		1	2	1	2	1	2
krute čestice	20	18	90.0	1	5.0	1	5.0
olovo	10	9	90.0	1	10.0	0	0.0
kadmij	10	9	90.0	1	10.0	0	0.0
amonijak	10	10	100.0	0	0.0	0	0.0
fenoli	0	0	100.0	0	0.0	0	0.0
formaldehid	0	0	100.0	0	0.0	0	0.0
fluoridi	0	0	0.0	1	100.0	0	0.0
sumporovodik	1	1	100.0	0	0.0	0	0.0
klorovodik	1	1	100.0	0	0.0	0	0.0

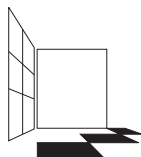
Zaključci

- Prikazani rezultati u cjelini pokazuju da razine emisija iz stacionarnih izvora na kojima su provedena mjerenja uglavnom zadovoljavaju ili uvjetno zadovoljavaju propisane uvjete. Slika stanja će se promijeniti prestankom važenja članka 129. Uredbe, kojim su dozvoljena prekoračenja propisanih graničnih vrijednosti emisija za stara postrojenja.
- Vidljivo je da izbor goriva ima znatan utjecaj na razine emisija. Zemni plin i loživo ulje EL predstavljaju optimalan izbor, loživo ulje S uglavnom zadovoljava, dok teško loživo ulje i ugljen predstavljaju goriva sa znatnim doprinosom ukupnim emisijama onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora.

- Potrebno je naglasiti da bi slika stanja vjerojatno bila drugačija u slučaju kada bi mjerenja emisija bila provedena bez najave i tempiranja, drugim riječima bez posebnih priprema ložišta, goriva i/ili sirovina od strane naručitelja mjerenja.
- Ujedno bismo željeli naglasiti potrebu da inspekcijske službe detaljno preciziraju zahtjeve za mjerenjima, te da njihovi predstavnici u pojedinim dvojbjenim slučajevima budu prisutni mjerenjima.

Literatura

1. Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, NN140, 1997.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Salopek, B., Bedeković, G.¹

Zaštita zraka na kamenolomima tehničkog kamena

Sažetak: *U radu su prikazani izvori emisija prašine na kamenolomima tehničkog kamena, te načini pročišćavanja onečišćenog zraka za pojedine strojeve, vozila, uređaje i radne operacije. Dat je prikaz postrojenja za oplemenjivanje s označenim mjestima otprašivanja, te opis rada aerociklona i tkaninskog filtra.*

Air Pollution in Quarries of Technical Stone

Summary: *In the most Croatian quarries of technical stone, deposits of a carbonaceous structure were exploited, and just about ten of a siliceous structure. By beneficiation of these rocks (by crushing and sizing) standard stone sizes for the production of concrete, asphalt masses, of supporting layers in roadmaking, and for metal and stone-flour were obtained. That production reached in 1998 a level of about 9,1 Mt, with a financial value of some 635 Mio kunas.*

In the paper the pollution sources of the powder were discussed, the cleaning methods of the polluted air for the particular vessels, vehicles and the equipment in general were described, and the single operations explained. A description of the complete beneficiation plant is given – with the dedusting points and with an analysis of the used aerocyclone and cloth-filter.

Uvod

Danas se u Republici Hrvatskoj dvjestotinjak trgovačkih društava bavi eksploatacijom čvrstih mineralnih sirovina, od čega približno 50 % eksploatacijom tehničkog kamena, 20 % šljunka i pijeska, te 30 % eksploatacijom glina, sirovina za proizvodnju cementa i vapna, arhitektonsko-građevnog kamena, kvarcnog pijeska i morske soli.

U najvećem broju kamenoloma tehničkog kamena eksploatiraju se ležišta stijena karbonatnog sastava (vapnenac, dolomit), dok se u svega desetak kamenoloma eksploatiraju ležišta stijena silikatnog sastava (dijabaz, amfibol, granit, gnajs). Oplemenjivanjem ovih stijena (sitnjenjem i klasiranjem) proizvode se standardne

¹ Branko Salopek, Gordan Bedekovic, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

klase kamena za izradu betona, asfaltnih masa i nosivih slojeva u cestogradnji, te tucanik i kameno brašno. Ova proizvodnja iznosila je u 1998. godini približno 9,1 Mt, a njezina vrijednost oko 635 mil. kuna.

Utjecaj eksploatacije i oplemenjivanja tehničkog kamena na okoliš očituje se najčešće u trajnom gubitku plodnog šumskog tla, šume i šumskog raslinja, te u promjeni konfiguracije terena čime se izgled krajobraza nepovratno mijenja. Redovito dolazi do emisije prašine i buke, a ponekad i otpadnih voda što u izvjesnim situacijama može narušiti kakvoću okoliša. Nastale promjene mogu se ublažiti i učiniti manje vidljivim rekultivacijom, a emisije svesti u dozvoljene granice poduzimanjem odgovarajućih zaštitnih mjera (1). Mjere zaštite provode se već u fazi izvođenja istražnih radova, te posebno tijekom eksploatacije, kao i pri napuštanju proizvodnje odnosno zatvaranja kamenoloma.

Eksploatacija i oplemenjivanje tehničkog kamena

Eksploatacija se obavlja sustavom etaža visine 20 do 25 m uz upotrebu eksploziva. Tehnološki proces sastoji se od nekoliko faza, a obično započinje izradom pristupnih puteva te uklanjanjem raslinja i jalovine. Jalovina se pomoću buldozera premješta do mjesta pogodnog za utovar gdje se uz pomoć bagera utovaruje u kamione i odvozi na prostor predviđen za odlaganje. U slijedećoj fazi buše se duboke minske bušotine, pune eksplozivom i zatim aktiviraju. Nakon toga slijedi premještanje odminirane stijenske mase uz pomoć buldožera do utovarnog platoa formiranog u podnožju etaže. U slijedećoj fazi mineralna sirovina utovaruje se pomoću bagera i kamionima odvozi na postrojenje za oplemenjivanje. Posljednja faza procesa obuhvaća tehničku i biološku rekultivaciju etaža i jalovišta, te drugih prostora koji tijekom eksploatacije postupno gube svoju funkciju.

Postrojenje za oplemenjivanje sastoji se od niza strojeva i uređaja pomoću kojih se stijena drobi i klasira. Za drobljenje se koriste razne vrste drobilica, od kojih najčešće čeljusne, udarne i čekićare. Da bi se postigla željena krupnoća zrna drobljenje se provodi u dva ili tri stupnja. Nakon svakog pojedinog stupnja drobljenja materijal se klasira odnosno sije na sitima gdje se izdvajaju standardne klase zrna veličine 61/31,5 , 31,5/16, 16/8, 8/4 i - 4 mm, koje se zatim pomoću tračnih transportera odvoze i skladište. Za sijanje se koriste razni tipovi jedno ili višeetažnih vibracijskih sita.

Proces oplemenjivanja može biti bez ili sa dodavanjem vode odnosno "suh" ili "mokar". Suhi postupak koristi se kada je stijena relativno čista i sadrži samo krupnu jalovinu koja se u fazi predklasiranja (prije primarnog drobljenja) može izdvojiti. Zbog prašine koja se stvara tijekom procesa redovito se provodi otprašivanje. Mokri postupak koristi se kada je stijena onečišćena primjesama zemlje i/ili gline, koje se bez ispiranja vodom ne mogu odstraniti. Voda se pod pritiskom raspršuje na sitima, ispire čestice zemlje i gline, te sve zajedno s najsitnijom klasom (- 4 mm) odvodi na odmuljivanje u spiralni klasifikator. Tu se zajedno s vodom izdvajaju čestice veličine približno – 0,1 mm i cijevima odvođe na "mokro jalovište", a

preostala zrna klase - 4 mm tračnim transporterom na pripadajući deponij. Mokri postupak obično je skuplji no daje čišći, a time i kvalitetniji proizvod.

Za potrebe rada i održavanja vozila, strojeva i druge opreme, na kamenolomu se nalazi mehanička radionica, skladište goriva, ulja i maziva, a ponegdje i skladište eksploziva. Pored toga na pogonu se nalaze jedna ili više kancelarija, prostorija za boravak radnika, sanitarni čvor, spremnici za odlaganje otpada i dr.

Izvori onečišćenja zraka

Radom strojeva (buldožer, bager, utovarivač, bušilica, kompresor) i transportnih sredstava (kamioni, transportne trake) dolazi do stvaranja i emitiranja prašine i ispušnih plinova. Količina stvorene prašine i ispušnih plinova kao i vrijednosti emisije ovisi o načinu rada stroja, značajkama mineralne sirovine (vrsta, struktura, tvrdoća, vlažnost), intenzitetu rada stroja, brzini i učestalosti kretanja transportnih sredstava, vlažnosti i temperaturi zraka, te o snazi i radnim značajkama pogonskih motora strojeva i transportnih sredstava. Imisija pak ovisi o poduzetim mjerama zaštite, konfiguraciji i obraštenosti terena, te klimatskim i meteorološkim značajkama promatranog prostora.

Veće emisije prašine obično se javljaju tijekom ljetnih mjeseci pri transportu materijala do postrojenja za oplemenjivanje, te pri skladištenju, utovaru i otpremi gotovih proizvoda. Najveći dio ove prašine istaloži se već nakon 100 do 200 m, dok na udaljenosti od npr. 800 do 1000 m masena koncentracija lebdećih čestica takova je da se može zanemariti. Najfinije čestice s ispušnim plinovima i vlagom u zraku stvaraju aerosol koji se širi i na veće udaljenosti i s oborinama taloži na tlo, no zbog velikog razrjeđenja ovaj aerosol nije opasan po okoliš. Mjerenja su pokazala da prašina i ispušni plinovi ne uzrokuju promjene u okolišu koje bi se mogle okarakterizirati kao štetne. Nisu zabilježene promjene kemizma tla i voda ili sadržaja mikroelemenata u listovima biljaka. Ugroženim se jedino može smatrati raslinje neposredno uz rub kamenoloma i transportne puteve, gdje posebno u dužim periodima bez kiše zbog povećanog taloženja prašine učinak fotosinteze slabi (2). Ipak, problemi s prašinom i ispušnim plinovima ali i bukom javljaju se kada kamioni koji odvoze materijal do potrošača prolaze kroz naselje. U jeku građevinske sezone dnevno prolazi do stotinjak kamiona nosivosti i do 25 t, što bitno narušava kakvoću življenja u naselju. Ovaj problem još je izraženiji ako su prometnice loše održavane i neasfaltirane.

Glavni izvor prašine na kamenolomu je postrojenje za oplemenjivanje. Najviše prašine stvara se tijekom drobljenja i mljevenja, i to u većoj mjeri u uređajima u kojima do sitnjenja dolazi usljed udara i abrazije. Brzine rotora koji svojim udarnim elementima (grede, čekići) udaraju u mineralno zrno iznose i do 100 m/s. Zbog velikih brzina i emisija prašine je velika. Do emisije prašine dolazi i tijekom sijanja, presipanja usitnjenog materijala s jedne transportne trake na drugu, istresanja klasiranog materijala s transportnih traka u boksove skladišta, prebacivanju iz boksova na otvorene deponije, te pri utovaru odnosno otpremi materijala. Zbog

većih količina prašine veća je i zaprašenost okolnog prostora, no njezin utjecaj na okoliš isti je kao i prašine nastale tijekom eksploatacije.

Mjere zaštite

Zaštita zraka na kamenolomima tehničkog kamena provodi se na temelju Zakona o zaštiti zraka, te propisa koji iz njega proizlaze. S tim u svezi poduzimaju se mjere zaštite kojima se sprječava odnosno smanjuje onečišćavanje zraka. Ove mjere provode se na način utvrđen Zakonom, pri čemu se pored ostalog osigurava odnosno propisuje primjena najboljih dostupnih i primjenjivih tehnologija, tehničkih rješenja i mjera. S druge strane projektna dokumentacija za izvođenje radova u kamenolomu izrađuje se na temelju Zakona o rudarstvu, koji traži takva projektna rješenja koja jamče sigurnost zaposlenog osoblja, racionalno iskorištavanje mineralne sirovine, te gospodarsku opravdanost proizvodnje.

Mjere zaštite primjenjuju se već pri izvođenju istražnih radova no njihova primjena najintenzivnija je tijekom eksploatacije. Generalno, razlikujemo mjere zaštite kojima sprječavamo emisije prašine ili otpadnih plinova iz pojedinih strojeva i uređaja, te mjere koje se odnose na neku radnu operaciju unutar tehnološkog procesa eksploatacije i oplemenjivanja.

Bušače garniture s kojima se buše duboke minske bušotine obično su opremljene sa uređajem za otprašivanje. To može biti tzv. hidrootprašivač u kojem se pomoću kapljica fino raspršene vode čestice prašine izdvajaju iz zraka i talože u komori za skupljanje mulja. Učinkovitiji je način otprašivanja pomoću uređaja koji se sastoji od aerociklona i tkaninskog filtra, pri čemu se postiže stupanj izdvajanja i do 99 %.

Masovno miniranje (primarno) izvodi se 5 do 7 puta godišnje, i za jedno miniranje utroši se ponekad i do nekoliko tona eksploziva. Nakon miniranja stvara se oblak prašine i plinova nastalih izgaranjem eksploziva, koji se ovisno o brzini vjetra širi na manjem ili većem prostoru. Ova prašina relativno je gruba tako da se najveći dio istaloži već nakon 100 do 200 m. Iako postoje načini za sprječavanje širenja ovako nastale prašine (polijevanje vodom, patrone i spremnici s vodom) zbog njihove male učinkovitosti rijetko se koriste.

Premještanje odminirane stijene buldožerom, te utovar u kamione bagerom ili utovarivačem dovodi do emitiranja prašine. Koncentracija prašine ovisi o vlažnosti materijala, sadržaju vlage u zraku te brzini vjetra, i obično je veća tijekom ljetnih mjeseci. Masa emitirane prašine relativno je mala, tako da koncentracija prašine nekoliko desetaka metara od izvora postaje zanemariva, pa ove radne operacije ne iziskuju poduzimanje zaštitnih mjera.

Transport i odlaganje odnosno istresanje mineralne sirovine i jalovine često su značajan izvor prašine. Kod kamionskog transporta, koji je u kamenolomima i najčešći, prašina se stvara sitnjenjem podloge po kojoj se kamion kreće, prijenosom sitnog materijala s radilišta na gumama vozila, prosipanjem materijala

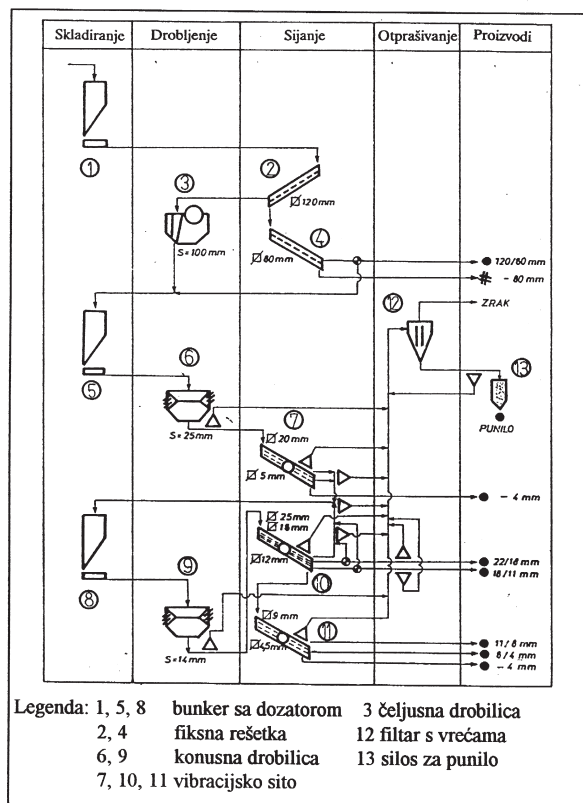
i uzvitlavanjem prašine iz kamiona tijekom transporta, te prilikom istresanja materijala. Intenzitet stvaranja prašine ovisi o sklonosti sitnjenju materijala podloge, vlažnosti podloge i zraka, brzini kretanja i masi kamiona, brzini vjetra itd. Na smanjenje emisije prašine može se utjecati polijevanjem vodom površina odnosno prometnica po kojima se kreću kamioni, smanjenjem brzine vožnje kamiona, te smanjenjem intenziteta transporta. Polijevanje vodom obavlja se uz pomoć cisterni koje raspršuju vodu čitavom širinom kolnika tako da voda zahvati i rubne dijelove gdje su obično istaložene veće količine prašine. Higroskopsnost prašine, a time i učinkovitost vlaženja može se povećati dodavanjem u vodu raznih soli i površinski aktivnih tvari. Raspršivanjem emulzija na bazi nafte ili mazuta čestice prašine čvršće se povezuju, tako da im je otpornost na raznošenje vjetrom veća. Učinkovitost ove zaštite ovisi prvenstveno o učestalosti polijevanja, tako da je u ljetnim mjesecima ponekad potrebno obaviti tri do četiri polijevanja tijekom smjene.

Strojevi i vozila koji za pogon koriste motore sa unutarnjim sagorjevanjem (buldožeri, bageri, utovarivači, kamioni) onečišćuju zrak oksidima dušika, ugljika, sumpora, hlapivim organskim spojevima, čađom i drugim tvarima. Emisija onečišćujućih tvari ovisi o vrsti i kakvoći goriva, ispravnosti i podešenosti motora, te intenzitetu rada stroja ili vozila. Njihov utjecaj najizravnije se osjeća na samom prostoru kamenoloma, no u izvjesnoj mjeri i izvan kamenoloma, pogotovo ako prometnice kojima se otprema materijal prolaze kroz neko naselje. Pročišćavanje ovih plinova moguće je raspršivanjem vode pomiješane s različitim neutralizatorima direktno u ispušnoj cijevi, prolazom plinova kroz matrice na bazi metala (bakar, kobalt, nikal) koji pospješuju njihovu oksidaciju, te pomoću katalizatora što je i najučinkovitije.

Postrojenje za oplemenjivanje glavni je izvor prašine. Prašina nastala tijekom sitnjenja stijene širi se u okolni prostor već pri izlasku iz drobilice, zatim tijekom sijanja, transporta, odlaganja u skladištu, te pri utovaru gotovih proizvoda u kamione. Dio prašine dospijeva u okoliš raznošenjem pod djelovanjem vjetra s otvorenih deponija. Stvaranje prašine ne može se izbjeći, no pravilnim izborom uređaja za sitnjenje može se smanjiti. Spriječavanje širenja prašine u okoliš moguće je rasprskavanjem vode na mjestima emisije, ili pomoću aerociklona i tkaninskih filtara. Nedostatak je prvog postupka što prašinu ne odstranjuje iz tehnološkog procesa, već je privremeno veže i taloži na ostalom materijalu i površinama na mjestu rasprskavanja. Tako se uz mjesta rasprskavanja taloži više ili manje vlažna prašina i obično postaje izvor daljih onečišćenja. Prskalice se s vremenom kvare, te ako se redovito ne održavaju dolazi do neravnomjernog raspršivanje vode, učinak otprašivanja slabi, a često se stvaraju potoci mulja koji onečišćuju radni prostor.

Daleko učinkovitiji način otprašivanja je pomoću sustava za otprašivanje koji se sastoji od aerociklona i tkaninskog filtra. Ovi sustavi osim što spriječavaju emitiranje prašine u okoliš, uklanjaju prašinu iz tehnološkog procesa, čime se postiže bolja kakvoća gotovih proizvoda. Pored toga izdvojena prašina može se

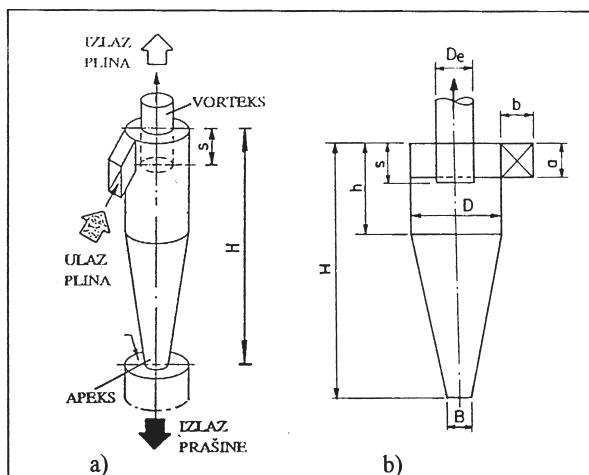
upotrijebiti kao punilo u izradi asfaltnih mješavina. U otprašivanje se uključuju drobilice, neki mlinovi, sita, presipna mjesta između tračnih transportera, te silos za skladištenje izdvojene prašine. Na slici 1 dat je shematski prikaz postrojenja za oplemenjivanje s označenim mjestima otprašivanja.



Slika 1. Shematski prikaz procesa oplemenjivanja i otprašivanja

Sustav za otprašivanje sastoji se od usisnih kapa i cjevovoda za odvod zaprašenog zraka, aerociklona, filtra, ventilatora za stvaranje potlaka i silosa za prihvrat izdvojene prašine. Krupnije čestice izdvajaju se u aerociklonu, a sitnije u filtru. Aerocikon se sastoji od cilindričnog i konusnog dijela pri čemu se na cilindričnom dijelu nalazi tangencijalno postavljen ulaz za zaprašeni zrak odnosno centralno smješten izlaz za pročišćeni zrak (vorteks), dok se na dnu konusnog dijela nalazi izlaz za prašinu (apeks) sa skupljačem izdvojene prašine (sl. 2). Plin s česticama prašine ulazi brzinom od 10 ... 20 m/s pri čemu se stvara tzv. vanjski vrtlog koji čestice prašine uslijed djelovanja centrifugalne sile odbacuje na stijenke aerociklona i odvodi pod djelovanjem gravitacije u skupljač prašine. Pri dnu konusnog

dijela smanjenjem presjeka strujanja i porastom koncentracije čestica dolazi do porasta pritiska i stvaranja tzv. unutarnjeg vrtloga koji najveći dio zraka s dijelom najfinijih čestica odvodi u smjeru vorteksa odnosno u filter na dalje pročišćavanje. Aerocikloni su relativno jednostavni i jeftini za izradu, pouzdani u pogonu, no zbog nešto većeg pada pritiska koji se kreće od 700-3000 Pa troše više energije od npr. gravitacijskih prečištača.



Slika 2. Shematski prikaz aerociklona s glavnim dijelovima (a) i dimenzijama (b)

Učinkovitost izdvajanja prašine u aerociklonu kreće se od 80-90 % ovisno o veličini čestica i može se prikazati jednadžbom (3):

$$\eta = 1 - \exp \left[-2(C\Psi)^{1/(2\gamma+2)} \right] \quad (1)$$

gdje je ψ parametar inercije, γ parametar vorteksa i C geometrijski parametar:

$$\Psi = \frac{\rho_p d_p^2 v_i}{8 \mu D} (\gamma + 1) \quad (2)$$

$$\gamma = 1 - \left[1 - \frac{(9,4D)^{0,4}}{2,5} \right] \left(\frac{T}{283} \right)^{0,3} \quad (3)$$

$$C = \frac{\pi D^3}{h} \left\{ 2 \left[1 - \left(\frac{D_1}{D} \right)^3 \right] \left(\frac{s}{D} - \frac{a}{2D} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{s+h-h}{D} \right) \left[1 + \frac{d}{D} + \left(\frac{d}{D} \right)^3 \right] + \frac{h}{D} - \left(\frac{D_1}{D} \right)^3 \frac{l}{D} - \frac{s}{D} \right\} \quad (4)$$

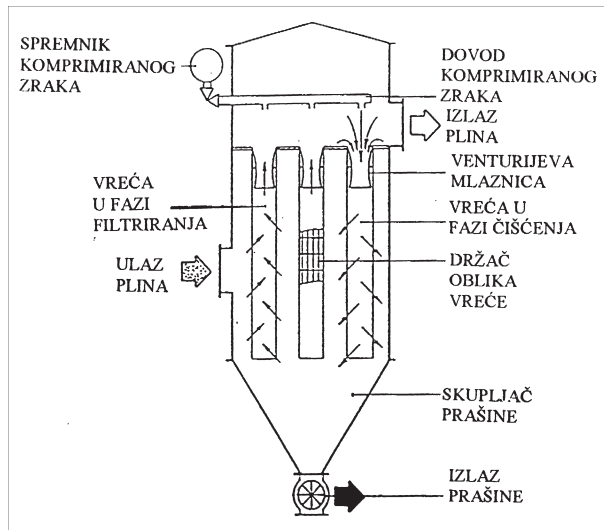
pri čemu je

$$\frac{l}{D} = 2,3 \frac{D_e}{D} \left(\frac{D^2}{b} \right)^{1/3} \quad (5)$$

$$\frac{d}{D} = \frac{D - (D - B) \left[(S + l - h) / (H - h) \right]}{D} \quad (6)$$

gdje je D promjer ciklona u metrima, T apsolutna temperatura u stupnjevima Kelvina, μ viskozitet plina, ρ_p gustoća čestica, v_i ulazna brzina plina, d promjer čestica, a , b , D_e , h , H , B , S geometrijske dimenzije ciklona ($a=D/2$, $b=D/4$, $h=2D$, $B=D/4$, $D_e=D/2$, $H=4D$, $S=5D/8$).

Filtri zadržavaju čestice nošene strujom plina na tkanini izrađenoj od prirodnih ili sintetskih vlakana (sl. 3).



Slika 3 Shematski prikaz filtra s vrećama

U prvoj fazi zadržava se dio čestica manjih od veličine pora uslijed djelovanja privlačnih sila, a u drugoj kad se istaloži određena količina čestica i počne formirati filterski kolač filter propušta samo čestice manje od veličine pora i tada djeluje kao cjedilo. Za rad filtra najmjerodavnija je tlačna razlika odnosno pad pritiska koji se ostvaruje tijekom formiranja kolača i iznosi (4):

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 \quad (7)$$

gdje je Δp_1 pad pritiska nakon skidanja kolača, a Δp_2 pad pritiska unutar kolača.

Zbog pretežno laminarnog strujanja ($Re < 1$) može se primjeniti Darcyjev zakon za određivanje Δp_1 i Δp_2 tako da je:

$$\Delta p = \frac{1}{B_1} \eta L_1 v + \frac{1}{B_2} \eta L_2 v \quad (8)$$

gdje je η dinamski viskozitet plina, v brzina plina (ovisi o veličini protoka i filtarske površine), L_1 debljina filtarskog sredstva, L_2 debljina kolača, B_1 propusnost filtarskog sredstva zajedno s zaostalim česticama nakon skidanja kolača i B_2 propusnost kolača. L_2 ovisi o vremenu i može se izračunati iz ravnoteže masa pa je:

$$L_2 = \frac{c v t \Phi}{\rho_s (1 - \varepsilon)} = \frac{w}{\rho_s (1 - \varepsilon)} \quad (9)$$

gdje je c koncentracija čestica, t vrijeme filtriranja, Φ ukupna efikasnost filtriranja, ρ_s gustoća čestica, ε poroznost kolača i w masa kolača po jedinici površine. Uvrštavanjem jednadžbe 9 u jednadžbu 8 dolazimo do izraza:

$$\Delta p = \frac{\eta}{B_1} L_1 v + \frac{\eta}{B_2} \frac{w}{\rho_s (1 - \varepsilon)} v \quad (10)$$

ili

$$\Delta p = K_1 \eta V + K_2 \eta w v \quad (11)$$

$$K_1 = \frac{L_1}{B_1} \quad K_2 = \frac{1}{B_2 \rho_s (1 - \varepsilon)} \quad (12)$$

gdje je K_1 otpor filtarske tkanine nakon skidanja kolača, a K_2 specifični otpor kolača. Vrijednosti B_1 , B_2 , K_1 i K_2 ovise o čitavom nizu varijabli i određuju se eksperimentalnim putem.

Pad pritiska najčešće je u rasponu od 0.75...1.5 Pa, a učinkovitost izdvajanja čestica oko 99%. Filtarsko platno obično je oblikovano kao vreća, cijev ili pravokutna ploča, a filtarski kolač skida se njihovim vibriranjem ili propuhivanjem čistim zrakom koji se dovodi pomoću ventilatora ili iz kompresora.

Zaključak

Utjecaj eksploatacije i oplemenjivanja tehničkog kamena na okoliš očituje se najčešće u trajnom gubitku plodnog šumskog tla, šume i šumskog raslinja, te u promjeni konfiguracije terena. Redovito dolazi do emisije prašine i buke, a ponekad i otpadnih voda što u izvjesnim situacijama može narušiti kakvoću okoliša. Zrak se onečišćuje radom strojeva, transportnih sredstava, postrojenja za oplemenjivanje, te izvođenjem pojedinih radnih operacija kada dolazi do stvaranja i emitiranja prašine i ispušnih plinova. Intenzitet onečišćenja prvenstveno ovisi o

snazi, radnim značajkama i režimu rada transportnih sredstava i drugih strojeva, značajkama mineralne sirovine, te o vlažnosti i temperaturi zraka. Ove emisije a time i onečišćavanje zraka mogu se spriječiti odnosno smanjiti poduzimanjem zaštitnih mjera. Pri tome općenito razlikujemo mjere zaštite kojima se sprječavaju emisije iz pojedinih strojeva i uređaja i mjere koje se odnose na pojedinu radnu operaciju u tehnološkom procesu eksploatacije i oplemenjivanja. Mjere zaštite koje se danas provode na kamenolomima obuhvaćaju:

- opremanje bušaće garniture uređajem za otprašivanje (npr. hidrootprašivač),
- polijevanje transportnih puteva vodom, pri čemu se učinkovitost vlaženja može povećati dodavanjem u vodu raznih soli i površinski aktivnih tvari,
- pročišćavanje plinova motora sa unutarnjim sagorijevanjem raspršivanjem vode pomiješane s neutralizatorima direktno u ispušnim cijevima ili prolazom plinova kroz matrice na bazi metala, te pomoću katalizatora,
- pravilan izbor uređaja za sitnjenje, rasprskavanje vode na mjestima emisije ili što je daleko učinkovitije sustavom za otprašivanje (aerociklon i tkaninski filter).

Kako se stvaranje prašine na kamenolomima ne može izbjeći, navedenim mjerama zaštite emisija prašine može se svesti u dozvoljene granice, kako u fazi istražnih radova, tako i tijekom eksploatacije.

Literatura

1. Salopek, B.: Reclamation of quarries and gravel-pits in producing construction aggregates. Proceedings SWEMP '96, R. Ciccu (ed), Cagliari, Itali, 7-11 October 1996, 697-702.
2. Salopek, B. i dr.: Studija utjecaja na okoliš kamenoloma "Veličanka" i tvornice suhih mješavina. Zagreb, 1997.
3. Leith, D., Licht, W.: Collection efficiency of cyclone type particle collectors; A new theoretical approach. AIQE Szmp. Ser. A12, 1971.
4. Löffler, F., Dietrich, W., Flatt, W.: Dust collection with bag filters and envelope filters. Braunschweig/Wiesbaden, Friedr. Vieweg & Sohn, 1988, 274.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Cerovečki, S.Š.¹, Romić, L.¹

Emisija stakleničkih plinova u zrak iz izvora onečišćenja zraka u naftnoj industriji i njihov do- prinos pojavi učinka staklenika

Sažetak: Tehnološki procesi u naftnoj industriji daju svoj doprinos porastu količine stakleničkih plinova u atmosferi. Ova pojava ima za posljedicu porast prosječne temperature na Zemlji. Tehnološki procesi naftne industrije emitiraju u zrak tzv. glavne stakleničke plinove: CO_2 , CH_4 , i N_2O . Također, procesi naftne industrije emitiraju u atmosferu i manje količine NO_x , CO i NMVOC plinove koji nemaju direktan staklenički učinak, ali utječu na stvaranje i razgradnju troposferičnog i stratosferičnog ozona, a koji ima svojstva stakleničkog plina. Također se emitiraju i krute čestice i sumpor dioksid koji utječu na apsorpcijska svojstva atmosfere. Ovi plinovi se emitiraju u zrak tijekom proizvodnje, procesiranja i distribucije nafte i plina te njihovih derivata.

U ovom radu prikazan je postupak izrade i rezultati proračuna emisija stakleničkih plinova iz grupnih izvora emisija u INI za 1997. godinu. Emisija se uspoređuje s emisijom u Hrvatskoj i emisijama iz naftne industrije u Europi i SAD.

Posebno su identificirani grupni izvori stakleničkih plinova. Određeno je i učešće emisije iz ovih izvora u emisijama stakleničkih plinova emitiranih u zrak.

Greenhouse Gases Emission from Sources of Air Pollution in the Petroleum Industry and their Contribution to Greenhouse Effect

Summary: Technological processes in the petroleum industry contribute to the increasing quantity of greenhouse gases in the atmosphere. That results in the increase of global surface temperature.

Main greenhouse gases are emitted into the air from processes in the petroleum industry: CO_2 , CH_4 and N_2O . Also, processes in petroleum industry emit into the atmosphere small quantities of NO_x , CO and NMVOC gases with no direct greenhouse effect, but they influence generation and disintegration of tropospheric and stratospheric ozone who has properties of a greenhouse gas. Solid particles and sulphur dioxide are also emitted and

¹ Svea Švel-Cerovečki, Leopold Romić, INA – Sektor strateškog razvoja i istraživanja

that affects absorption properties of the atmosphere. These gases are emitted into the air during production, processing and distribution of oil, gas and oil products.

In this paper, the procedure of creating greenhouse gases inventory as well as the results of greenhouse gas emissions from the INA group sources in 1997 have been shown. Comparisons have been made between emission from INA, emission in Croatia and emissions in petroleum industries of Europe and USA.

Group sources of greenhouse gases are identified. Contribution of the emission from these sources of greenhouse gases has been calculated.

Uvod

Za utvrđivanje emisije i njenog prikazivanja primjenjen je projekt europske baze podataka o emisiji CORINAR² i to onaj dio koji se odnosi na prikazivanje emisija u energetske sektoru. Primjenom tog dijela baze podataka o emisiji izvršeni su proračuni emisija stakleničkih plinova za 1997. godinu koje su procesima u naftnoj industriji emitirane u zrak. Svrha tog proračuna je identifikacija i kvantifikacija izvora emisija stakleničkih plinova u INA. Isto tako je proračunom utvrđeno učešće emisije iz njenih izvora u ukupnoj emisiji stakleničkih plinova koji se emitiraju u zrak u Hrvatskoj, što je ujedno i pripomoć Republici Hrvatskoj u izradi proračuna emisije stakleničkih plinova koju Hrvatska mora podnijeti Okvirnoj konvenciji UN o promjeni klime (UNFCCC), kako bi ispunila obveze Kyoto Protokola, koji je potpisala 1999. godine.

Metoda proračuna

Obrađene su emisije iz izvora koji su podijeljeni u dvije osnovne grupe, a to su točkasti izvori i plošni izvori. Točkasti izvori čine uglavnom industrijska postrojenja (rafinerije, plinske stanice, itd.). Plošni izvori obuhvaćaju uglavnom neke dijelove mreže za distribuciju. Najvažniji izvori podataka bili su podaci o emisijama navedeni u standardnim obrascima Pravilnika o katastru PI-Z-2, PI-Z-3 i statistički podaci navedeni u publikacijama: INA-godišnja izvješća o poslovanju, Izvješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj, DUZPO, Emisija onečišćujućih tvari u atmosferu u Hrvatskoj za 1997. godinu, DUZPO-EKONERG.

Pri proračunu korištena su dva metoda pristupa: (1) pristup odozdo prema gore ("bottom up"), (2) pristup odozgo prema dolje ("top down"). Prvi pristup je detaljniji i temelji se na anketiranju izvora emisije, dok se emisija kod drugog pristupa određuje na bazi agregiranih statističkih podataka pomnoženih s prosječnim faktorima emisije. Prvi pristup ne može se nikada ostvariti u cjelosti jer je neracionalno sakupljati podatke o svakom pa i najmanjem izvoru emisije. Zbog toga se često koristila kombinirana metoda kojom su ovisno o raspoloživim podacima, korišteni podaci anketa i/ili statistički podaci.

² Coordinated Information System of Air Pollutant

³ Select Nomenclature for Air Pollution for CORINAIR Inventory

Pristup odozdo prema gore za proračun emisije sastoji se u osnovi u izračunavanju emisija za svaki individualni izvor (npr. uređaj za loženje) ili za mnoge izvore zajedno i to tako što se emisija određuje kao umnožak faktora emisije i osnovnih podataka o aktivnosti (npr. utrošak goriva ili isporuke goriva, utrošak procesirane sirovine) kao indikatore emisije.

Ukoliko nije poznata potrošnja goriva ili se radi o emisiji plinova koji nisu posljedica izgaranja, emisija i faktori su određeni posredno, poznavanjem količine utrošene sirovine ili nekog drugog podatka s kojim se emisija dovodi u korelaciju. Korišteni su faktori emisije iz priručnika projekta CORINAIR (EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guide book, CORINAIR Methodology, Emission factors, Quality Codes and References, Table 5-10, 1994.) i faktori navedeni u IPCC uputstvima za izradu nacionalnih proračuna emisija (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual, Table 1-1, p.12-13, 1996.).

Prikaz rezultata

Proračun je izveden za emisije u zrak slijedećih stakleničkih plinova: (1) staklenički plinovi sa svojstvom direktnog utjecaja na globalno zatopljanje tzv. glavni staklenički plinovi CO_2 , CH_4 , N_2O ; (2) staklenički plinovi sa svojstvom indirektnog utjecaja na globalno zatopljanje tzv. indirektni staklenički plinovi SO_2 , CO , NO_x , NMVOC.

Količine stakleničkih plinova

Količine stakleničkih plinova emitirane u zrak određene su primjenom koncepta potencijala globalnog zatopljanja (GWP). Koncept uspoređuje sposobnost svakog od stakleničkih plinova da “zadrži” toplinu u atmosferi sa sposobnošću ugljičnog dioksida, koji je prema uputstvima IPCC odabran kao referentni plin. Potencijali globalnog zatopljanja za indirektne stakleničke plinove CO , NO_x , NMVOC, i SO_2 nisu određeni jer još uvijek nije usuglašena metoda za određivanje njihovog doprinosa globalnom zatopljanju. Količine glavnih stakleničkih plinova CO_2 , CH_4 , N_2O izražene su u milijun tona ekvivalentnog ugljika (1000 kt eqC). Da bi se emisije stakleničkih plinova u teragramima (Tg) izrazile u 1000 kt eqC korištena je slijedeća jednadžba:

$$1000 \text{ kt eqC} = (\text{Tg stakleničkog plina}) \times (\text{GWP}) \times (12/44)$$

Potencijali globalnog zatopljanja za CO_2 , CH_4 , i N_2O su: 1, 21 i 310.

Glavni dio emisije ugljičnog dioksida u naftnoj industriji nastaje izgaranjem fosilnog goriva. Proces uklanjanja CO_2 iz prirodnog plina daje značajan doprinos emisiji ugljičnog dioksida. Manji izvori emisije CO_2 su ozračivanje i spaljivanje prirodnog plina na baklji tijekom bušenja nafte i prirodnog plina, za vrijeme proizvodnje nafte i plina, kao i transporta i procesiranja prirodnog plina. Najčešće se emisija CH_4 u naftnoj industriji događa tijekom proizvodnje, procesiranja, transporta i distribucije prirodnog plina (preko 80% od ukupne emisije

metana u naftnoj industriji). Proračuni pokazuju da na emisiju prirodnog plina, uz gubitke u plinskom sustavu od 1,5 posto, treba dodati barem 20 posto emisije koja nastaje u lancu do neposredne potrošnje (distribucijska mreža). Budući se prirodni plin uvijek nalazi u sirovoj nafti, procurivanje sustava (fugitive emission) za proizvodnju nafte može postati izvor emisije metana.

Vrlo mala emisija N_2O nastaje u procesu kreiranja sirove nafte koja sadrži nešto dušika.

Emisija SO_2 nastaje isključivo oksidacijom sumpora iz goriva. Najviše se emitira iz ložišta na tekuća goriva, a posebno iz onih koja koriste teško loživo ulje.

Emisija NO_x posljedica je oksidacije dušika iz goriva, ali velikim dijelom nastaje i oksidacijom dušika privedenog zrakom za izgaranje. Zbog toga emisija NO_x ne ovisi toliko o vrsti i kvaliteti goriva, već o načinu izgaranja i izvedbi ložišta.

Manja emisija NMVOC nastaje zbog nepotpunog izgaranja lož ulja, veća emisija nastaje zbog procurivanja i gubitaka pri pretakanju i spremanju goriva (terminali, benzinske postaje).

Sumarne emisije po pojedinim grupama izvora (kategorijama po CORINAIR) za INU prikazane su u tablici 1.

Proračun emisije stakleničkih plinova i indirektnih stakleničkih plinova pokazuje da su radni procesi u naftnoj industriji u 1997. godini emitirali u zrak 2506 kt ovih plinova: najviše CO_2 (2430,5 kt), zatim CH_4 (39,6 kt), N_2O (40 tona), SO_2 (24,6 kt) NO_x (2,9 kt), NMVOC (7,6 kt), CO (1,2 kt).

Tablica 1. Proračun emisije glavnih stakleničkih plinova i indirektnih stakleničkih plinova, sukladno sa SNAP 94 nomenklaturom³ (primjena baze podataka CORINAIR), 1997. godina

	INDUSTRIJA	CO_2	CH_4	N_2O	SO_2	NO_x	NMVOC	CO
01	IZGARANJE U NAFTNOJ INDUSTRIJI	12616	2500	102	23	670	1420	5
01-02	Izgaranje u rafinerijama	12616	2500	102	23	670	1420	5
01-05	Proizvodnja sirove nafte i prirodnog plina	9800	160	65	16	4	1636	5
04	PROIZVODNJA ENERGIJE							
04-01	Proizvodnja električne energije	1032	65	255	0	532	205	20
05	IZGARANJE U PROMISLU I U PROMETU NAFTNE SIROVINE, OSTALIM IZVORIMA IZGARANJA							
05-01	Izgaranje u rafinerijama	20	0	0	0	2	0	0
05-02	Izgaranje u rafinerijama	1054	0	62	5356	0	547	0
05-04	Izgaranje u rafinerijama	0	0	120	0	0	0	0
05-05	Izgaranje u rafinerijama	0	0	4352	0	0	0	0
05-06	Izgaranje u rafinerijama	0	0	65	24000	0	0	0
05-07	Izgaranje u rafinerijama	50	0	0	0	0	0	0
00	OSTALA IZGARANJA I PROMET							
00-01	Izgaranje u rafinerijama	72	104	0	60	3	25	0
	UKUPNO	24305	2916	1554	2461	1010	1790	40

U odnosu na emisiju u Hrvatskoj INA je u emisiji CO_2 učestvovala s 12,3 %, u emisiji CH_4 s 16,5%, u emisiji N_2O s 0,4%, SO_2 s 30,6 %, CO s 0,3%, NMVOC s 5%, te s NO_x s 3,9% (tablica 2). U ukupnoj emisiji glavnih stakleničkih plinova CO_2 , CH_4 , N_2O Hrvatske, INA je učestvovala s 11,73 % (tablica 3).

Tablica 2. Udjel emisije stakleničkih plinova iz INE u emisiji stakleničkih plinova u Hrvatskoj u 1997. godini (izvor: Emisija onečišćujućih tvari u atmosferu u Hrvatskoj za 1997. godinu, DUZPO-EKONERG, 1999, Katastar emisija i otpada u INA-Industrija nafte d.d. u 1997, INA-SSRI, 1998, proračun)

	(kt)	(kt)	Hrvatskoj (%)
CO_2	19783,0	2430,50	12,3
CH_4	239,4	39,62	16,5
N_2O	10,2	0,04	0,4
SO_2	80,4	24,63	30,3
CO	368,4	1,21	0,3
NMVOC	149,4	7,38	5,0
NO_x	74,4	2,92	3,9

Tablica 3. Udjel emisije glavnih stakleničkih plinova CO_2 , CH_4 , N_2O iz INE u emisiji glavnih stakleničkih plinova u Hrvatskoj u 1997. godini

	(1000 t ekv CO ₂)	(1000 t ekv CO ₂)	emisiji u Hrvatskoj (%)
CO_2	5,2054	0,662	11,73
CH_4	1,3711	0,227	16,60
N_2O	0,2630	0,003	0,35
ukupno	7,6395	0,8925	11,71

Identifikacija izvora

U emisiji CO_2 najveći izvori su tzv. veliki točkasti izvori emisije: Rafinerija nafte Rijeka-Urinj, Maziva Rijeka-Mlaka, Rafinerija nafte Sisak i CPS Molve. Ovi izvori čine 83,4% od ukupne emisije CO_2 u INI u 1997. godini (2430,5 kt). Ostalu emisiju CO_2 čine stacionirani izvori pri radovima pridobivanja nafte i plina (diesel motori, generatori), ozračivanje i spaljivanje prirodnog plina na baklji za vrijeme bušenja i poizvodnje nafte i plina kao i transport (kompresori plinovoda) i procesiranje prirodnog plina.

Najveći je izvor emisije CH_4 mreža za distribuciju prirodnog plina (86,5% od ukupne emisije metana u INI u 1997. godini, a iznosila je 39621 tona). Proračuni su pokazali da emisija CH_4 uslijed gubitaka u plinskom sustavu (proizvodnja, procesiranje i transport) iznosi 13,3% od ukupne emisije metana u 1997. godini. Budući da se u sirovoj nafti uvijek nalazi i prirodni plin, procurivanje sustava (fugitive emission) za proizvodnju nafte može također postati izvor emisije metana. Pri izgaranju goriva u uređajima za izgaranje, kao i spaljivanja na baklji, može nastati manja emisija metana (0,27% u 1997 godini).

Najveći je izvor N_2O proces krekiranja sirove nafte u rafinerijama (Rijeka, Sisak), 75% od ukupne emisije N_2O u 1997. godini (40 tona). Ostali grupni izvori su uređaji

za izgaranje u rafinerijama i kod pridobivanja nafte i plina (25% u 1997. godini). U emisiji SO₂ najveći grupni izvori su uređaji za loženje u rafinerijama i čine 75,6 % emisije u INI u 1997. godini. Procesi u naftnoj industriji su emitirali 4,2 % SO₂ od ukupne emisije SO₂ u 1997. godini (24629 tona). Ostali izvori emisije SO₂ (uređaji za sagorijevanje kod pridobivanja nafte i plina, kompresori plinovoda, zatim procesi pridobivanja, prva obrada i utovar tekućih i plinovitih fosilnih goriva, procesi pridobivanja geotermalne energije, spaljivanje otpada) emitirali su 20,2 % SO₂ od ukupne emisije SO₂ u 1997 godini. Ukupna emisija SO₂ iz rafinerija u 1996. godini u odnosu na 1990. godinu je smanjena za 38 posto.

Najveći grupni izvori emisije NO_x su uređaji za izgaranje u rafinerijama na koje otpada 85,7 % od ukupne emisije NO_x u INI (2916 tona). Ostali grupni izvori emisije NO_x (uređaji za sagorijevanje pri pridobivanju nafte/plina, kompresori plinovoda, procesi u naftnoj industriji, spaljivanje otpada) su emitirali 14,3 % od ukupne emisije NO_x.

Najveći izvori emisije NMVOC je distribucija benzina (većinom benzinske postaje) koja je emitirala 67,4 % od ukupne emisije NMVOC (7584 tone) u INA u 1997. godini. Na emisiju iz procesa u rafinerijama otpada 31,5 %, a manji izvori emisije NMVOC su bili distribucija tekućih goriva (osim benzina), mreža za distribuciju plina i uređaji za izgaranje koji su zajedno emitirali 1,1% od ukupne emisije NMVOC u 1997. godini.

Najveći izvor emisije CO su uređaji za loženje u rafinerijama kao i procesi prerade nafte u rafinerijama koji su zajedno emitirali 98,8 % od ukupne emisije CO (1212 tona). Ostali uređaji za sagorijevanje u naftnoj industriji su emitirali 1,2% od ukupne emisije CO₂.

U tablici 4. je prikazano učešće grupnih izvora (sektora i podsektora) u emisijama stakleničkih plinova u INI u 1997. godini.

Tablica 4. Udjel grupnih izvora (sektora i podsektora) u emisijama stakleničkih plinova u INI u 1997. godini

Grupa izvora emisije	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Ukupna emisija	17,2 %	0,15 %	23,5 %
Doprinos rafinerija	8,1 %	0 %	13,5 %
Emisije iz rafinerijskih uređaja, procesa i otpada	13,5 %	0,7 %	0 %
Čistići i drugi izvori	1,5 %	0,15 %	0 %

Grupa izvora emisije	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Ukupna emisija	17,2 %	0,15 %	23,5 %
Emisije iz rafinerijskih uređaja, procesa i otpada	13,5 %	0,7 %	0 %
Doprinos rafinerija	8,1 %	0 %	13,5 %
Emisije iz rafinerijskih uređaja	0 %	0 %	0 %
Emisije iz rafinerijskih procesa i otpada	13,5 %	0,7 %	0 %
Emisije iz rafinerijskih uređaja i procesa	0 %	0 %	0 %
Emisije iz rafinerijskih procesa i otpada	0 %	0 %	0 %
Emisije iz rafinerijskih uređaja	0 %	0 %	0 %
Emisije iz rafinerijskih procesa i otpada	0 %	0 %	0 %
Čistići i drugi izvori	1,5 %	0,15 %	0 %

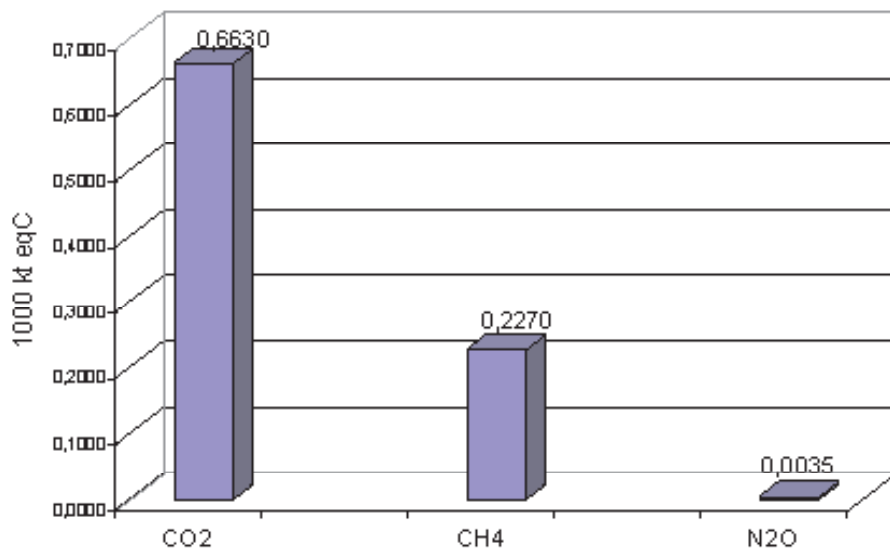
Skupina izvora onečišćenja (podsektor)	SO ₂	NO _x	PM10	CO
Industrija i rafinerija	77,0%	92,1%	1,7%	55,4%
Proizvodnja energije	19,4%	1,1%	91,1%	43,4%
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	3,1%	0%	4,2%	0,7%
Transport i drugi podsektori	0,5%	4,7%	0%	0,2%

Skupina izvora onečišćenja (podsektor)	SO ₂	NO _x	PM10	CO
Industrija i rafinerija	47,4%	83,7%	1,4%	33,3%
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija i energije	10,4%	1,4%	0,5%	0,5%
Proizvodnja energije	19,4%	1,1%	91,1%	43,4%
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	0,1%	0%	0%	0,1%
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija i energije	3,1%	0%	0,5%	0%
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	0%	0%	1,4%	0%
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	0%	0%	12,1%	0%
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	0%	0%	1,5%	0%
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	0,1%	0%	0%	0%
Transport i drugi podsektori	0,5%	4,7%	0%	0,2%

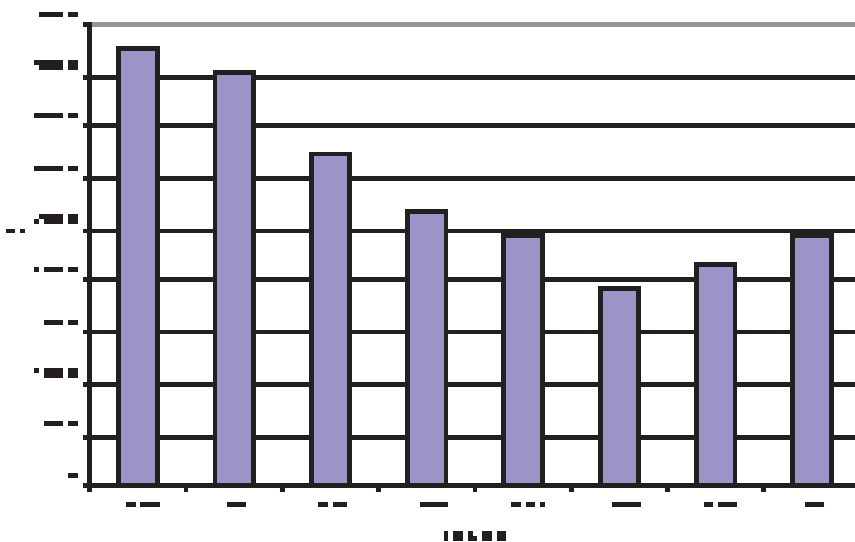
Na slici 1. grafički je prikazana emisija glavnih stakleničkih plinova iz izvora emisije u INI, a na slici 2. prikazana je emisija ugljičnog dioksida za razdoblje od 1990 do 1997. godine. Emisija stakleničkih plinova iz INE u usporedbi s emisijom stakleničkih plinova iz naftnih industrija u Europi i SAD je prikazana u tablici 5.

Tablica 5. Količine glavnih i indirektnih stakleničkih plinova koje su naftne industrije u Europi i SAD emitirale u zrak u kt, u 1995. godini (izvor: database CORINAIR 94).

Skupina	SO ₂	NO _x	PM10	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Ukupno
Industrija	1225	20,271	400,742	20,509	4100	9122	0,120	9041,897
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	236,412	105,644	440,463	523,236	55,970	41290	0,491	42712,222
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	124,750	23,420	131,322	320,022	12,027	13003	0,309	2120,730
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	199,732	42,201	120,214	142,137	13,793	19201	1,279	19293,002
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	4,419	3,042	10,142	4,231	0,042	2424	0,0002	2427,702
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	59,420	12,133	32,322	129,421	12,009	10337	0,071	10009,400
Industrijski procesi i drugi podsektori, osim rafinerija	20,271	1,009	2,119	44,514	0,077	1911	0,023	1926,323
SAD	202,100	392,270	317,000	2192,400	1143223	200922,3	4,244	20923,004



Slika 1. Emisije glavnih stakleničkih plinova iz izvora emisija u INI u 1997. godini.



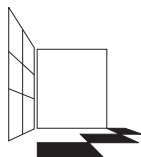
Slika 2. Emisije ugljičnog dioksida (1990 – 1997. godina) iz izvora emisija u INI

Zaključci

1. Primjena CORINAIR programa za izradu proračuna emisije stakleničkih plinova u INI u 1997. godini pokazala se vrlo korisnom u izračunavanju količina emisija kao i u identifikaciji i određivanju učešća izvora emisija u ukupnoj emisiji stakleničkih plinova.
2. Najveća emisija je emisija CO₂ i iznosi 96,8% od ukupne emisije stakleničkih plinova emitiranih u zrak iz izvora emisije u INI u 1997. godini.
3. Ukupna emisija svih stakleničkih plinova (glavnih i indirektnih) u INI bila je 8,62 % u odnosu na emisiju svih stakleničkih plinova iz izvora emisije u Hrvatskoj u 1997. godini.
4. U ukupnoj emisiji glavnih stakleničkih plinova CO₂, CH₄, N₂O iz Hrvatske INA je učestvovala s 11,73% u 1997. godini.

Literatura

1. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša: "Emisija onečišćujućih tvari u atmosferu u Hrvatskoj za 1997. godinu", Zagreb, veljača, 1999.
2. Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša: "Izješće o stanju okoliša u Republici Hrvatskoj", Zagreb svibanj, 1998.
3. U. S. Environmental Protection Agency: "Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990 –1997", Washington DC, 20460, March, 1999.
4. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Kyoto, December, 1997.
5. Global Change Electronic Edition: " Anthropogenic Emissions of All Greenhouse Gases, Excluding Land-Use Change and Forestry", 1990-1994 and Projections for 2000", published in Global Change Electronic Edition, July 1996.
6. INA–Sektor strateškog razvoja i istraživanja: "Katastar emisija i otpada u INA-Industrija nafte d.d. u 1997", Zagreb, svibanj, 1998.
7. Narodne novine br. 140: "Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacioniranih izvora", Zagreb, 1997.
8. Patrick J. Michaels: "Policy Analysis - The Consequences of Kyoto", Cato Policy Analysis No.307, May, 1998.
9. John Osborne: " Educational Graphics on Global Climate Change and Greenhouse Effect", Climagraph, Educational Outreach, June, 1997.
10. American Museum of Natural History Education Departement: "Global Warming – Understanding the Forecast", Teacher's Resource Mannual, 1997.
11. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Reference Manual (Table 1-1, p.12-13), 1996.
12. EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guide book, CORINAIR Metodology, Emission factors, Quality Codes and References (Table 5-10), 1994.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Stanić, Z.¹, Delija-Ružić, V.²

Mjere za smanjenje emisije stakleničkih plinova Hrvatske elektroprivrede

Sažetak: *Kyoto protokolom UNFCC konvencije za Republiku Hrvatsku određeno je smanjenje emisije stakleničkih plinova za 5 % u razdoblju od 2008. do 2012. godine, u odnosu na referentnu godinu. Hrvatska elektroprivreda kao jedan od značajnih emitera stakleničkih plinova u Hrvatskoj, uključuje se aktivno u rješavanje ovog pitanja nizom istraživanja i konkretnih akcija. Svrha ovog članka je ukazati na najvažnije poslovne aktivnosti Hrvatske elektroprivrede koje rezultiraju smanjenjem emisije stakleničkih plinova: kogeneracija, iskorištavanje tehničkog hidropotencijala i proizvodnja električne energije iz NE Krško, u kontekstu gore spomenutih obveza Republike Hrvatske. Slijedom toga iskazuje se: emisija stakleničkih plinova termoelektrana HEP-a, njihov udio u ukupnoj nacionalnoj emisiji, kratka usporedba sa stanjem u europskim zemljama, te konkretni doprinosi gore navedenih poslovnih aktivnosti smanjenju emisije stakleničkih plinova HEP-a.*

HEP's Measures for Greenhouse Gases Emissions Reduction

Summary: *Kyoto Protocol on UNFCCC requires from Croatia 5 % GHG emissions reduction comparing to the reference year, in the period from 2008. to 2012. HEP, as one of important GHG emitters in Croatia, takes an active role in achieving this goal through its own research studies and concrete actions. The goal of this article is to point out the most important business activities of HEP: cogeneration, hydroelectric potential utilisation and electricity production of nuclear power plant Krško that result in the significant net reduction of GHG emissions. Therefore, an overview of GHG emissions from HEP's thermal power plants and its share in total GHG emissions of Croatia is given, as well as short comparison with some countries in Europe. Furthermore, the contribution of the above mentioned concrete activities to the HEP's GHG emissions reduction is outlined.*

1 Mr. sc. Zoran Stanić, dipl. inž., Hrvatska elektroprivreda d.d.

2 Valentina Delija-Ružić, dipl. inž., EKONERG

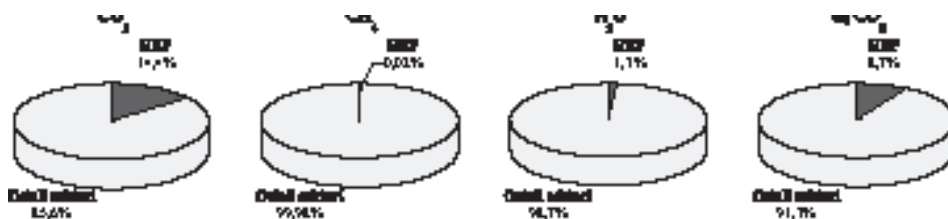
1. Uvod

Okvirnom konvencijom o promjeni klime (UNFCC, Rio de Janeiro 1992.) poziva se na stabilizaciju koncentracija stakleničkih plinova u atmosferi na razini koja neće nepovoljno utjecati na klimatski sustav i koja će omogućiti daljnji gospodarski razvoj na održivi način. Države članice Konvencije, koje su potpisale i ratificirale Konvenciju, između ostalih i Republika Hrvatska, prikupljaju podatke o svojim emisijama stakleničkih plinova, podatke o sadašnjoj klimi, te izrađuju svoje ekonomsko-energetske programe u namjeri da vrate svoje emisije stakleničkih plinova do 2000. godine na razine iz 1990. godine, te tako pokušaju zaustaviti trend stalno rastućih emisija. Kyoto protokolom UNFCC konvencije za Republiku Hrvatsku određeno je smanjenje emisije stakleničkih plinova za 5 % u razdoblju od 2008. do 2012. godine, u odnosu na referentnu godinu. Kao zemlji s gospodarstvom u tranziciji Hrvatska je u mogućnosti odabrati najpovoljniju referentnu godinu u razdoblju od 1985. do 1990. godine. S obzirom na planirani gospodarski razvoj i time porast ukupne energetske potrošnje biti će potrebno uložiti izuzetne napore za ostvarenje zahtjeva iz Kyota.

Hrvatska elektroprivreda (HEP), kao jedan od značajnih emitera stakleničkih plinova u Hrvatskoj, uključuje se aktivno u rješavanje ovog pitanja nizom istraživanja i konkretnih akcija. HEP je, naime, u svojem dosadašnjem poslovanju imao u primjeni niz tehničko-tehnoloških rješenja koji se mogu svrstati pod mjere za ublažavanje štetnog djelovanja klimatskih promjena. Velik udio obnovljivih izvora (hidroelektrane), dugogodišnja tradicija kogeneracijske proizvodnje električne i toplinske energije, diverzificirano gorivo za termoelektrane, korištenje nuklearne energije, smatraju se među glavnim mjerama u suzbijanju emisije stakleničkih plinova.

2. Emisije stakleničkih plinova iz objekata HEP-a

U ovom poglavlju daje se kratki pregled rezultata proračuna emisije (CORINAIR metodologija) stakleničkih plinova iz sedam proizvodnih jedinica (termoelektrana, odnosno termoelektrana-toplana) HEP-a: TE Jertovec, TE Osijek (TE-TO Osijek + PTE Osijek), TE Plomin, TE Rijeka, TE Sisak, EL-TO Zagreb i TE-TO Zagreb, udio emisije HEP-a u ukupnoj emisiji stakleničkih plinova u Republici Hrvatskoj. Budući da je emisija CO_2 u odnosu na emisije CH_4 i N_2O mnogostruko veća, emisije CH_4 i N_2O će se svesti na eqCO_2 (ekvivalentni CO_2). Udio HEP-a u ukupnoj nacionalnoj emisiji CO_2 , CH_4 , N_2O i eqCO_2 za 1996. godinu prikazan je na slici 2-1. Za svaku onečišćujuću tvar (CO_2 , CH_4 i N_2O) slikom 2-2 dijagramski su iskazane ukupne godišnje vrijednosti emisija svih termoelektrana zajedno, za razdoblje od 1990. do 1996. godine.

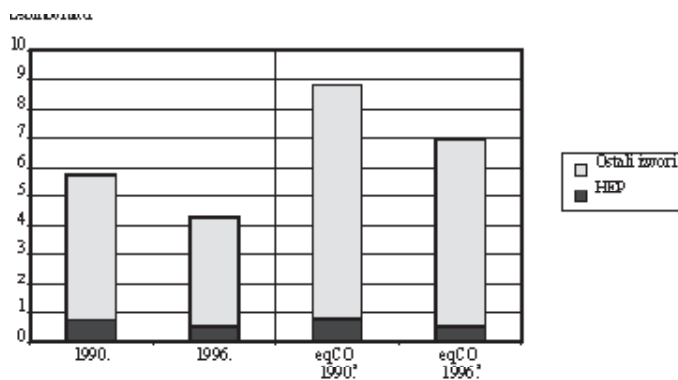


Slika 2-1: Udio HEP-a u ukupnoj nacionalnoj emisiji, 1996. godina



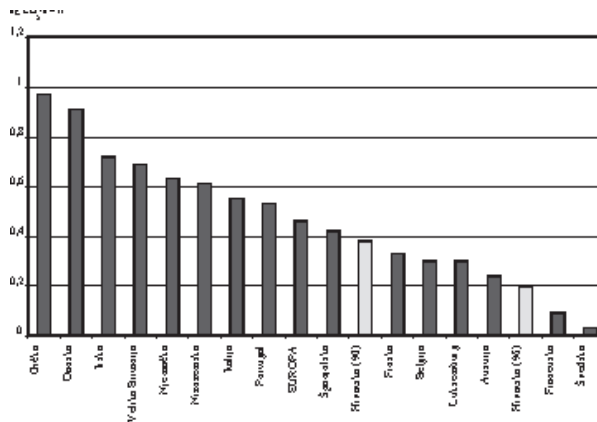
Slika 2-2: Emisija CO₂, CH₄ i N₂O iz termoelektrana HEP-a

Slikom 2-3 prikazan je udio HEP-a u prosječnim emisijama CO₂ i eqCO₂ po stanovniku u 1990. i 1996. godini.



Slika 2-3: Emisija CO₂ i eqCO₂ po stanovniku u Hrvatskoj i udio HEP-a

Udio emisije hrvatskih termoelektrana (TE HEP-a) u ukupnoj i prosječnoj emisiji eqCO₂ u Hrvatskoj, relativno je malen u odnosu na stanje u drugim zemljama. Glavni razlozi tome su: relativno mali specifični potrošak električne energije po stanovniku (među najnižima u europskim zemljama) te značajan udio hidroenergije i nuklearne energije u proizvodnji električne energije. Uspoređivane vrijednosti Hrvatske sa specifičnom emisijom ukupne proizvodnje električne energije u Europi (proizvodnja u termo, hidro i nuklearnim elektranama), pokazuju nekoliko puta nižu vrijednost u odnosu na razvijene zemlje Europe (slika 2-4).



Slika 2-4: Specifična emisija CO₂ po kWh u Europskim zemljama, 1990. godina

3. Najvažnije aktivnosti HEP-a koje doprinose smanjenju emisija stakleničkih plinova

Elektroenergetski sektor čini niz složenih procesa koji uključuju proizvodnju, transformaciju, prijenos, distribuciju i potrošnju energije, te kao jedan od najznačajnijih oslonaca gospodarskog i društvenog razvitka svoju djelatnost nužno treba uskladiti sa zahtjevima zaštite okoliša. Pouzdana opskrba što kvalitetnijom i jeftinijom električnom energijom treba naći kompromis s ciljevima zaštite okoliša, uvažavajući lokalna, regionalna i globalna pitanja zaštite. Rješavanje tih pitanja nalaže smanjenje emisije različitih onečišćujućih tvari, između ostalih i stakleničkih plinova, posebno CO₂. Mjere za smanjenje emisija iz energetskog sektora moraju biti ekonomične da bi bile provedive. Danas prisutne aktivnosti Hrvatske elektroprivrede u smanjivanju emisija stakleničkih plinova mogu se razvrstati u tri osnovne grupe:

- aktivnosti usmjerene na povećanje efikasnosti u proizvodnji, prijenosu i potrošnji električne energije. Od niza aktivnosti koje čine ovu grupu (revitalizacije i rekonstrukcije postrojenja, racionalna potrošnja energije, kogeneracije HEP-a i industrijskih energana, sustav upravljanja poslovima održavanja, sustav nadzora energetskih značajki), posebno se ističe značaj kogeneracije (zajednička proizvodnja električne energije i topline) čiji je udio u proizvodnji oko 16 %, dok je recimo u EU udio 10 %.

- aktivnosti usmjerene na iskorištavanje tehničkog hidropotencijala i promoviranje ostalih obnovljivih izvora energije
- aktivnosti usmjerene na iskorištavanje nuklearne energije u proizvodnji električne energije.

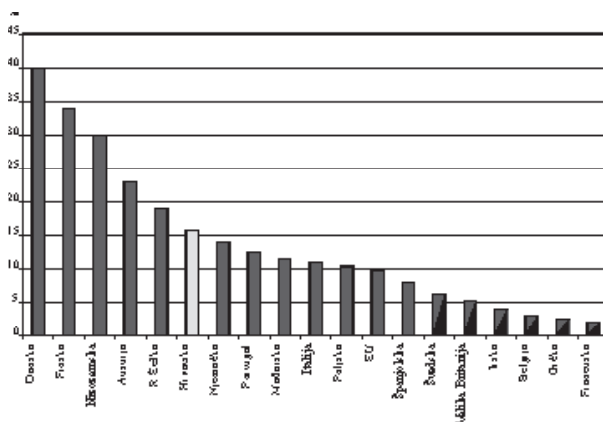
HEP, svjestan težine problema, nastoji smanjiti emisiju iz svojih postrojenja, premda je emisija glavnog stakleničkog plina CO_2 u 1996. godini bila svega $204 \text{ gCO}_2/\text{kWh}$, što je vrlo malo u usporedbi s emisijom elektroprivreda drugih zemalja.

Doprinos kogeneracije

Pod pojmom kogeneracija podrazumijeva se istodobna proizvodnja korisne toplinske i električne energije iz nekog drugog oblika energije, u istom termodinamičkom procesu i istom tehničkom postrojenju. Instaliranje kogeneracijskih postrojenja naravno ima smisla samo na onim lokacijama na kojima se istovremeno pojavljuje potreba za toplinskom (i/ili rashladnom) i električnom (ili mehaničkom) energijom.

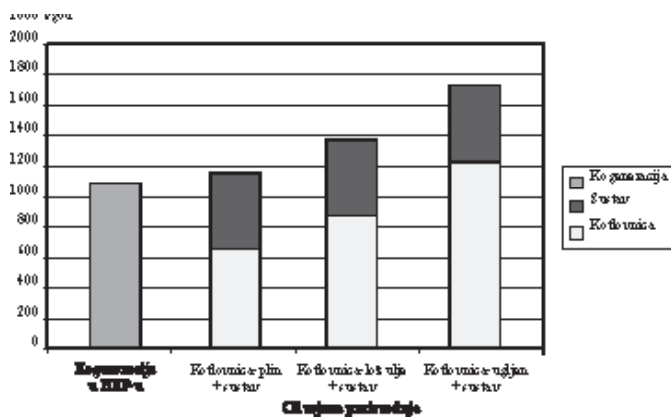
U Hrvatskoj se kogeneracija kao tehnologija koristi već dugo, kako u centraliziranim toplinskim sustavima (javne toplane - elektrane u Zagrebu i Osijeku), tako i u industrijskim energanama. Danas je ukupna instalirana snaga kogeneracijskih postrojenja u Hrvatskoj oko 460 MW_e , a novih 240 MW_e u izgradnji. Od postojećih, 220 MW_e su industrijske kogeneracije, a 240 MW_e su javne toplane. Kogeneracije u Hrvatskoj su 1995. godine proizvele ukupno 1394741 MWh električne energije što je činilo oko $15,8 \%$ ukupne proizvodnje električne energije u Hrvatskoj.

Prosječan udio električne energije proizveden u kogeneracijskim postrojenjima u Europi danas iznosi oko 10% . Razlike u primjeni kogeneracije između pojedinih zemalja vrlo su velike i variraju od 40% u Danskoj do 2% u Francuskoj (slika 3-1), što ovisi o više različitih čimbenika.



Slika 3-1: Udio kogeneracije u ukupnoj proizvodnji električne energije u Europi

Kogeneracijskom proizvodnjom toplinske i električne energije postiže se veća učinkovitost pretvorbe goriva u korisnu energiju, ušteda goriva i smanjena potreba za energetskim izvorima. S tim u vezi se proporcionalno smanjuje i utjecaj na okoliš po svim aspektima mogućeg utjecaja, od čega je najvažnije smanjenje emisije stakleničkih plinova u zrak. Pokazuje se da je emisija CO₂, kao posljedica korištenja kogeneracijske proizvodnje manja od emisije iz procesa odvojene proizvodnje za 3 do 26 %, ovisno o korištenom gorivu u kotlovnica. Razlog tome su niže emisije pri izgaranju plina nego pri izgaranju lož ulja ili ugljena, a također i veći stupanj djelovanja. Usporedba emisije CO₂ iz kogeneracije s emisijom iz odvojene proizvodnje električne i toplinske energije dana je na slici 3-2.



Slika 3-2: Emisija CO₂ (1000t/god) iz analiziranih procesa, 1996. godina

Doprinos hidroelektrana i nuklearne energije

Razlog maloj emisiji CO₂ i ostalih stakleničkih plinova iz energetskog sektora u Hrvatskoj je veliki udio električne energije proizvedene u hidroelektranama (40-60 %) i u NE Krško (oko 20 %) (tablica 3-1). Danas hrvatski elektroenergetski sustav raspolaže s ukupnih 2076 MW instaliranih u hidroelektranama (47 % ukupnog proizvodnog kapaciteta), dok je hrvatski udio u NE Krško 332 MW (8 % ukupnog proizvodnog kapaciteta).

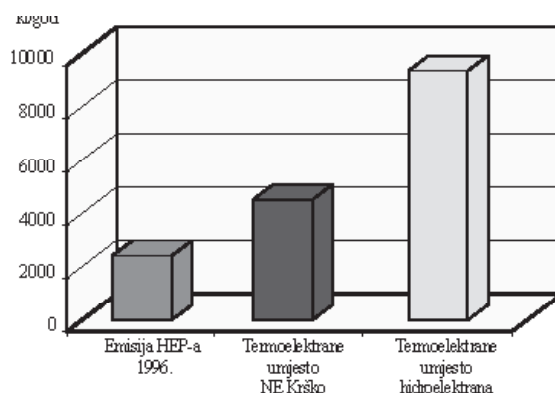
Tablica 3-1: Struktura proizvodnje električne energije, 1996. godina

	GWh	%	Emisija CO ₂ (1000 t/gd)
Hidroelektrane	7190	59,6	
Termoelektrane	2532	20,9	2431,6
NE Krško	3190	19,1	
Uvoz	166	1,4	
Ukupno	13058	100,0	2431,6

Ukoliko bi termoelektrane preuzele proizvodnju električne energije koju dobivamo iz NE Krško došlo bi do povećanja emisije za oko 86 %, a čak za oko 285 % ukoliko bi preuzele proizvodnju iz hidroelektrana (tablica 3-2 i slika 3-3). Navedeni podaci vrijede za 1996. godinu, kada je udio proizvedene električne energije u hidroelektranama bio 59,6 %, a iz NE Krško 18,1 %.

Tablica 3-2: Emisija CO₂ za različite opcije, 1996. godina

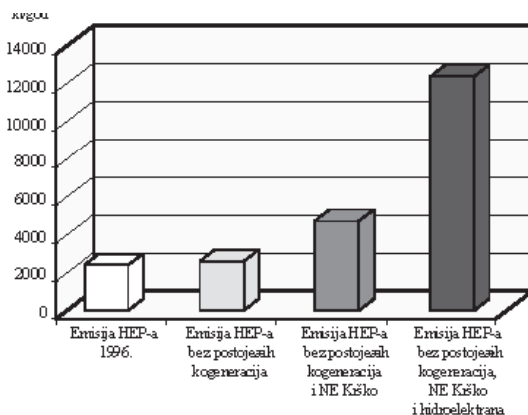
Emisija CO ₂ (1000 t/god.)	
Emisija HEP-a za 1996. godinu	2432
Odvojen proizvodnja iz obnovljivih izvora energije i kogeneracija	3407
Odvojen proizvodnja iz obnovljivih izvora energije	3710
Odvojen proizvodnja iz obnovljivih izvora energije i kogeneracija	3477
Termoelektrane umjesto NE Krško	4532
Termoelektrane umjesto hidroelektrana	9814



Slika 3-3: Emisija CO₂ za različite opcije

Ukupan doprinos kogeneracije, hidro i nuklearne energije

Ukupan doprinos smanjenju emisije CO₂ u 1996. godini, može se prikazati kroz izbjegnutu emisiju CO₂. Kumulativan prikaz izbjegnute emisije dan je na slici 3-4. Iznos emisije CO₂ bio bi za 210 kt veći, ukoliko bi električnu i toplinsku energiju iz postojećih kogeneracijskih postrojenja dobili odvojenom proizvodnjom, pri čemu bi koristili prirodni plin i loživo ulje u istom omjeru kao u kogeneraciji. Novi porast emisije dogodio bi se ukoliko bi termoelektrane HEP-a preuzele proizvodnju električne energije iz NE Krško. Krajnje desni stupac na slici 3-4 prikazuje emisiju CO₂ kada ne bi postojale kogeneracije, a proizvodnja iz NE Krško i hidroelektrana bi se ostvarivala iz termoenergetskih objekata. Postojeće termoelektrane ne mogu preuzeti svu potrebnu proizvodnju, pa je pretpostavljena struktura goriva iz 1996. godine za dio koji bi sadašnje TE mogle preuzeti, a za dodatnu proizvodnju prosječna struktura goriva zemalja OECD-a.



Slika 3-4: Kumulativni prikaz emisije CO₂ za različite opcije

Zbroje li se pozitivni učinci kogeneracijske proizvodnje s doprinosom hidroelektrana i nuklearne elektrane Krško može se zaključiti da je sadašnja emisija CO₂ na razini od oko 20 %, tj. emisija bi bila oko 4 puta veća da su u pogonu samo termoelektrane.

4. Zaključak

Hrvatska ima relativno malu emisiju stakleničkih plinova, što je velikim dijelom posljedica relativno male emisije iz sektora za proizvodnju električne energije. Tako je u 1996. godini udio HEP-a u emisiji CO₂ bio 15 %, CH₄ 0,02 %, N₂O 1,3 %, a iskazano u eq CO₂ udio je bio 8,7 %. Za usporedbu u EU prosjek udjela sektora za proizvodnju električne energije u emisiji CO₂ je 26 %, a u zemljama PHARE programa iznosi 38 %.

Promatra li se omjer ukupne emisije CO₂ iz HEP-a i ukupno proizvedene električne energije, može se konstatirati da HEP u odnosu na niz zapadnoeuropskih zemalja isporučuje “čistiju” električnu energiju. Emisija HEP-a u 1996. bila je 0,2 kg CO₂/kWh, a u 1990. godini 0,38 kg CO₂/kWh dok je u europskim zemljama emisija uglavnom između 0,4 i 0,6 kg CO₂/kWh. Razlog maloj emisiji je veliki udio hidroelektrana i NE Krško u proizvodnji električne energije, značajan udio prirodnog plina (oko 35 %) u strukturi energenata, te veliki doprinos kogeneracijske proizvodnje toplinske i električne energije.

Prethodno navedeno ukazuje na zaključak da HEP već danas nizom aktivnosti doprinosi smanjenju emisije stakleničkih plinova i da je u tome u prednosti pred mnogim razvijenim zemljama zapadne Europe. Također je vidljivo da postoji i dodatni prostor za smanjenje emisije: povećanjem efikasnosti korištenja energije i upravljanjem potražnjom za energijom (racionalizacija potrošnje), povećanjem efikasnosti prijenosa električne energije na razini niskonaponske distributivne mreže i dodatnog povećanja energetske efikasnosti termoelektrana.

Navedene mjere će se detaljnije analizirati i temeljem toga predložiti će se konkretni projekti za njihovo ostvarenje. To je i preduvjet za ishođenje mogućih povoljnih kredita za projekte smanjenja emisije stakleničkih plinova, koje su počele nuditi međunarodne institucije kao što su Globalni fond za okoliš (GEF), Svjetska banka (WB), Europska banka za obnovu i razvoj (EBRD) i niz ostalih međunarodnih fondova i programa (PHARE, THERMIE, COST itd).

Literatura

1. Identifikacija dosadašnjih mjera za smanjenje emisije stakleničkih plinova Hrvatske elektroprivrede, Ekonerg Holding, Zagreb, 1999.
2. Proračuni emisije onečišćujućih tvari u atmosferu u Hrvatskoj (za razdoblje 1990-1996. godine), Ekonerg Holding, Zagreb.
3. Godišnja izvješća o emisiji štetnih tvari u atmosferu iz termoelektrana Hrvatske elektroprivrede (za razdoblje 1990-1996. godine), Ekonerg Holding, Zagreb.
4. Projekti malih termoelektričnih objekata u Hrvatskoj, Elektroprojekt, Zagreb, 1996.
5. European Cogeneration Review 1997, COGEN Europe, Brussels, 1997.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Strelar, I.¹

Opasnost od prekomjerne emisije dimnih plinova

Sažetak: *Svaka prekomjerna emisija onečišćujućih tvari iz stacionarnih izvora raznih ložišta može predstavljati prijetnju sigurnosti koji se nalaze u neposrednoj okolini ložišta. Poznato je da stacionarni izvori u najvećem broju slučajeva imaju dimnjake kao glavna mjesta ispusta. Nesavršenost i različito opterećenje ložišnih postrojenja povremeno ispuštaju dimne plinove i izvan dimovodnog sustava, što znači unutar prostora tehnološkog procesa, kotlovnice ili stambenog dijela. Taj nekontrolirani dio dimnih plinova, koji izlazi oko ložišta i iz dimovodnih kanala prije izlaza, predstavlja ozbiljnu opasnost, posebno ako su vrijednosti komponenti otpadnog plina iznad dozvoljenih. Analiza dimnih plinova i kontrola pogonskih parametara svakog ložišta obavlja se iz tri temeljna razloga:*

- kontrola funkcionalnosti i učinkovitosti toplinskog postrojenja
- kontrola emisije onečišćujućih tvari iz stacionarnog izvora
- kontrola sigurnosti rada procesa izgaranja u svih uvjetima opterećenja

Tehnički uvjeti mjerenja i potrebni instrumentarij gotovo su jednaki kod sve tri navedene kontrole. Treba poznavati uvjete pogona svake vrste stacionarnih izvora kako bi se pripremio i obavio kvalitetan program mjerenja koji bi u konačnici dao uvid i u eventualne opasnosti koje predstavlja svaki proces izgaranja. Ovaj rad ima za svrhu upozoriti na skrivene mane pojedinih uređaja koji daju prekomjernu i nekontroliranu emisiju dimnih plinova.

Flue Gas Emission Leakage and Its Danger

Summary: *Various combustion process depends on major equipment component installation and its capacity. Potential hazard is present when installed boiler, flue gas duct or chimney has limited or oversized dimension. This paper describes some of the potential flue gas leakage situations based on practical experience.*

Uvod

Dimni plinovi imaju svoje mjesto nastajanja unutar ložišta gdje se odvija miješanje goriva sa zrakom i proces izgaranja. Iz ložišta dimni plinovi struje kroz izmjenjivač topline gdje se nastala toplinska energija prenosi na neki od medija, najčešće

¹ Ivan Strelar, dipl.inž., EUROINSPEKT TEHNOKEM, Zagreb

vodu ili paru. Iz izmjenjivača dimni plinovi izlaze u dimovodni kanal i konačno u dimnjak kao emisijski izlaz u atmosferu. Svako izlaženje neke količine dimnih plinova, koja ne izlazi iz dimnjaka, mora se smatrati nekontroliranim ispuštanjem. Plamenik-kotao ili generator topline-dimovodni kanal-dimnjak, elementi su sustava koji u pogonu funkcionira kao jedan uređaj. Svi ovi elementi u primarnoj funkciji stvaranja toplinske energije moraju biti dobro usklađeni da bi proizvedeni dimni plinovi u određenom vremenu predali toplinu mediju i pothlađeni otišli u atmosferu. Bilanca stanja proizvedene količine dimnih plinova i njihovih gubitaka izjednačava se s količinom topline preuzete od medija.

1. Nesavršenost ložišta

Nesavršenost uređaja ili pripremljenog goriva određuju ulazne karakteristike toplinskog procesa. Ispuštanje određene količine dimnih plinova prije izlaza iz dimnjaka odvija se najviše kod uključivanja i isključivanja kotla ili plamenika. Mjesta nekontroliranog ispuštanja su dijelovi kotla u blizini ložišta, dimovodni kanali i vertikalna dimnjaka. To ispuštanje nije bezazleno i ne može se zanemariti iz više razloga, od kojih su najvažniji sljedeći:

1. većina trovanja i smrtnih slučajeva od plinskih atmosferskih uređaja dogodila su se upravo radi nekontroliranog izlaženja dimnih plinova iz ložišnog prostora;
2. prekomjerno ispuštanje dimnih plinova izvan dimovodnog sustava ugrožava sigurnost cjelokupnog pogona, jer ispušteni plinovi imaju i dio spojeva ili elemenata koji mogu reagirati kao C i CO;
3. eksplozije goriva ili ugljikovog monoksida u dimovodnim kanalima ili ložištim uzrokovane nekontroliranim ispuštanjem.

2. Nesavršenost dimnjaka

Najčešći nedostaci dimnjaka su porozitet, toplinska neotpornost unutarnje stijenke, preveliki ili premali svijetli otvor, neodgovarajući materijal i mala visina u odnosu na instaliranu snagu. Ignoriranje pojedinog nedostatka često se reflektira kao nekontrolirano propuštanje dimnih plinova ili infiltracija okolnog zraka u prostor ložišta ili dimovoda.

Bez obzira na instaliranu snagu uređaja u dimnjacima svih snaga koristi se uzgon (podtlak) za transportnu silu dimnih plinova. Predimenzionirani dimnjaci imaju male brzine dimnih plinova, obično ispod 1,0 m/s. Takve male brzine transporta karakteriziraju dimnjaci s nisko-temperaturnim dimnim plinovima i česta pojava kondenzacije na unutrašnjoj stijenci dimnjaka.

Zidani dimnjaci od šamotne opeke ili šamotnih cijevi imaju razmjerno velik toplinski kapacitet što daje dulja vremena zagrijavanja ili hlađenja, a to znači smanjena učinkovitost toplinskog procesa.

Limeni dimnjaci imaju kraće vrijeme prilagodbe i kraći vijek trajanja, tako da su ograničenja pojedinog izbora podjednaka. Dimnjaci u upotrebi obično podnesu

nekoliko promjena instaliranih ložišta. Novija rješenja ložišta s višim stupnjem učinkovitosti i manjim gubicima osjetne topline dimnih plinova zahtijevaju manje promjere dimnjaka.

Sanacija poroznih ili dotrajalih dimnjaka najčešće se obavlja smanjenjem presjeka uvlačenjem limenih cijevi od plemenitog čeličnog lima. To se može izvesti samo u slučajevima kada cjelokupni integritet dimnjaka nije ugrožen.

3. Uvjeti optimalnog pogona ložišta

Raspon raspoložive snage uređaja treba se kretati u određenom optimumu koji se dobiva podešavanjem procesa izgaranja uz analizu dimnih plinova. Traženi optimum ograničen je stanjem i prilagodbi pojedine komponente cijelog sustava. Uvjeti optimuma traže prema uvjetima kako slijedi:

Plamenik	ulazna max-min snaga	količina goriva	kW
Kotao	ulazna max-min snaga	stanje medija	kW
Dimovodni kanal	min-max brzina dimnih plinova	otpori	dP
Dimnjak	podtlak dimnih plinova min-max snaga ložišta	pulzacije	Mpa

Za tražene uvjete pogona serviser plamenika, specijalist za regulaciju procesa izgaranja podešava i traži optimalne vrijednosti za temperaturu dimnih plinova, sadržaj kisika i ugljikova monoksida i podtlak dimne struje. Ograničenja, koje može uzrokovati pojedina komponenta sustava, nije jednostavno otkriti na licu mjesta tako da su potrebni kontrolni proračuni. Za dimnjake je to DIN 4705 koji će uskoro postati europska norma.

Dimnjaci su u većem broju slučajeva ograničenje višeg stupnja učinkovitosti toplinskog procesa. Protokol izmjerenih vrijednosti nakon završenog podešavanja procesa izgaranja treba imati naznačene raspone snage za optimalan stupanj djelovanja i najmanju specifičnu emisiju štetnih sastojaka.

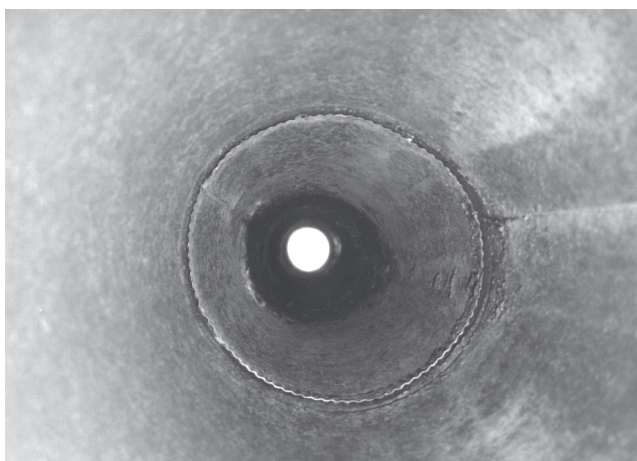
4. Industrijski toplinski procesi

Industrijski procesi koji koriste izgaranje za proizvodnju toplinske energije ne razlikuju se od do sada navedenih uvjeta. Korištenjem otpadnih ili procesnih goriva s više organskih spojeva, temperatura vođenja procesa izgaranja ima značajan utjecaj na karakteristike emisije. Time su analize dimnih plinova kompleksnije i traže prethodnu elementarnu analizu goriva i krutih ostataka pepela.

Vrijeme-stupanj turbulencije-temperatura izgaranja-pogonska snaga-količina goriva i zraka, temeljni su parametri koji određuju stupanj djelovanja toplinske pretvorbe. Propuštanje dimnih ili otpadnih plinova izvan za to predviđenih dimovodnih sustava predstavlja ograničenje koje se mora otkriti i izmjeriti prije završetka podešavanja i na svaki način spriječiti tu pojavu.



Slika 1. Propuštanje i kondenzacija na vanjskoj stijeni dimnjaka



Slika 2. Propusno mjesto na limenom dimnjaku

5. Prekomjerna emisija u pogonu

Nekontroliranu emisiju dimnih plinova u prostor izvan dimovoda može se otkriti na više načina, a u praksi koriste se metode kako slijedi:

1. vrlo mali plinski uređaji reakcijom Senzora za kontrolu kondenzacije
s atmosferskim plamenikom kod osigurača strujanja (dimnjačari)



Slika 3. Sanacija dimovodnog kanala



Slika 4. Sanacija vertikalne dimnjaka

2. mali i srednji plinski uređaji s predtlačnim kotlom	reakcijom O_2 analizatora kod svih potencijalnih brtvenih spojeva koda i dimovoda
3. veliki generatori topline	analizom dimnih plinova i ambijentalne atmosfere

Zaključci

Kod svakog uređaja za loženje početak rad, paljenje i zagrijavanje ima za posljedicu istjecanje dijela dimnog plina u okolinu uređaja. Posljedice su puno ozbiljnije ako se to odvija kontinuirano ili u određenoj snazi normalnog pogona. Mjerenje emisije dimnih plinova iz stacionarnih izvora onečišćenja zraka ne predviđa ove kritične uvjete koji su više predmet zaštite na radu i dimnjačarske struke.

Nesavršenost pojedinog uređaja za loženje i njegova nedovoljna usklađenost s dimovodnim sustavom može predstavljati opasnost za sigurnost i zdravlje prisutnog osoblja.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Šekimić, K.¹, Žarkovac, Z.¹

Iskustveni prilog metodologiji mjerenja emisija iz uređaja za loženje loženih tekućim ili plinovitim gorivom

Sažetak: Ovaj referat prilog je određivanju metodologije mjerenja emisija iz uređaja za loženje tekućim i plinovitim gorivom, kapaciteta do 50 MW. Napisan je na osnovi praktičnih iskustava u održavanju i rekonstruiranju termoelektričnih postrojenja te mjerenju emisija onečišćujućih tvari. Također daje pregled mogućih uzroka te prijedloge mjera za smanjenje emisija.

Kod pristupa mjerenjima nužno je utvrditi radne parametre promatranog uređaja za loženje, te izvršiti uvid u stanje istog. U ovom radu prikazan je izbor i prijedlog utvrđivanja ovih parametara, te njihov utjecaj na izmjerene vrijednosti emisija. Mišljenja smo, da samo normizirana metodologija mjerenja emisija garantira mogućnost usporedbe izmjerenih vrijednosti te daje mogućnost donošenja mjera za smanjenje emisija.

Experience Contribution to Flue Gases Emission Measuring Methodology From Burning Devices Burned With Gas and Liquid Fuel

Summary: The article deals with the methodology of flue gases concentration measurements.

The article also deals with possible reasons of overflowing limited flue gases emissions from burning devices (up to 50 MW) defined in Croatian legislation, and gives some instructions how to improve situation. Three main possibilities are stressed out: changing fuel, improving burning device adjustment and maintaining and changing old-concept burning device with a modern one. Which of stressed steps has to be followed depends on which flue gas is overflowing and why.

Our experience in maintaining and reconstructing of boiler rooms and other burning devices, guide us to conclusion that main reasons of low efficiency and flue gases emissions overflow are following:

¹ Krešimir Šekimić, dipl.inž.str., Zvonimir Žarkovac, dipl.inž.str., TEH-PROJEKT EN-ERGETIKA d.o.o. – Rijeka, Rijeka

- *Unsuitable maintaining;*
- *Unsuitable managing and utility regulation;*
- *Out of date burning technology;*
- *Low fuel quality;*
- *Unsuitable equipment selection in start.*

Conclusion of the article is that only standardisation of the methodology can guarantee correct evaluation and following steps in lowering flue gases emissions. Furthermore, SO_2 emission depends only on fuel sulphur amount. Lowering NO_x emission depends mainly on burning device technology. Other flue gases emissions depend mainly on condition and adjustment of burning device, and may be significantly improved with suitable adjustment and maintaining. Dust emission from burning device burned with gas and liquid fuel is insignificant if CO emission is low and flame doesn't touch furnace walls.

1 Uvod

Pri mjerenju emisija onečišćujućih tvari iz uređaja za loženje, smatramo neophodnim utvrditi metodologiju pristupa mjerenju te izvršiti analizu rezultata mjerenja, naročito ako se radi o prekoračenju graničnih vrijednosti emisija. Samo utvrđivanjem standardne metodologije mjerenja moguće je naknadno uspoređivanje rezultata te izvođenje zaključaka iz istih. U ovom radu prikazani su i mogući uzroci za pojedina prekoračenja te mjere za smanjenje emisija.

Kroz naše višegodišnje iskustvo na održavanju i rekonstruiranju kotlovnica te procesnih peći (vrlo mali, mali i srednji uređaji za loženje) uočili smo da su najčešći uzroci povećane potrošnje goriva (smanjenje korisnosti uređaja za loženje) i povećanja emisija onečišćujućih tvari (u apsolutnom i relativnom smislu), slijedeći:

- neodgovarajuće održavanje,
- neodgovarajuće upravljanje i regulacija pogona,
- tehnološka zastarjelost opreme,
- nekvalitetno gorivo,
- startno neodgovarajući izbor opreme.

Pri tome ne dajemo prednost niti jednom od ovih uzroka. Pored navedenih uzroka ovdje ističemo i često loše koncipirano, nepotpuno i neodgovarajuće izabrano cijelo termoelektrično postrojenje, što uzrokuje smanjenu ukupnu efikasnost. Inicijativa koju je poduzela "Državna uprava za zaštitu prirode i okoliša" uvođenjem "Uredbe o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora" (u daljnjem tekstu: Uredba), prilika je za popravljivanje stanja u svezi s gornjim uzrocima. Jedan od načina je utvrđivanje metodologije pristupa mjerenju, koja bi omogućila praćenje stvarnih pogonskih parametara i emisija onečišćujućih tvari na pojedinim tipovima uređaja za loženje i pojedinih proizvođača. Time bi se omogućilo ocjenjivanje kvalitete opreme i stvaranje budućih mjera za smanjivanje ukupnih emisija i spriječavanje ugrađivanja nekvalitetne opreme (poreznim olakšicama i sl.).

2 Metodologija pristupa mjerenju

Cilj prikazane metodologije, pored utvrđivanje podataka neophodnih za vršenje mjerenja emisija onečišćujućih tvari, je utvrđivanje podataka potrebnih za naknadne analize i davanje prijedloga za rješenje uzroka povećanih emisija.

2.1 Utvrđivanje podataka o uređaju za loženje

- utvrđivanje osnovnih podataka o kotlu: proizvođač, tip, godina proizvodnje, tvornički broj, nazivno opterećenje, deklarirani stupanj djelovanja, otpor ložišta, količina vode, težina i sl.;
- utvrđivanje tipa kotla: toplovodni, vrelovodni ili parni, odnosno dimocjevni (dvoprolazni ili troprolazni) ili vodocjevni;
- utvrđivanje termičkog opterećenja ložišta, nazivnog i radnog;
- otvaranje kotla i pregled ogrjevnih površina s dimne strane;
- utvrđivanje učestalosti čišćenja dimne i vodene strane kotla;
- podaci o plameniku: proizvođač, tip, godina proizvodnje, tvornički broj;
- utvrđivanje tipa i vrste plamenika: tlačni, atmosferski ili rotacioni, kombinirani;
- utvrđivanje tipa regulacije rada plamenika: jednostupanjska, dvostupanjska, modulirana.

2.2 Utvrđivanje podataka o gorivu

- za tekuće gorivo zatražiti certifikat o gorivu,
- za plinovito gorivo utvrditi vrstu i tlak korištenog plina.

2.3 Utvrđivanje radnih parametara na plameniku i kotlu

- vrsta zagrijavanog medija: ulje, voda ili para;
- radna temperatura i tlak medija;
- termičko opterećenje na plameniku: tlak tekućeg goriva i veličina sapnice, odnosno tlak i potrošnja plina prema brojilu;
- provjera izbora plamenika u odnosu na uređaj za loženje;
- temperatura predgrijavanja tekućeg goriva te provjera ispravnosti uređaja za predgrijavanje goriva.

Mjerenje emisija treba vršiti pri nazivnim ili trajnim tehnološkim parametrima na strani goriva i na strani proizvedene toplinske energije (zagrijavanog medija). Navedene podatke treba upisati u mjernu listu. Pri tome je od naročite važnosti da se mjerenju pristupi tek po postizanju stabilnih parametara.

2.4 Utvrđivanje mjernog mjesta

Svaki pojedinačni uređaj za loženje mora imati svoje mjerno mjesto, što bliže izlazu dimnih plinova iz uređaja za loženje. Mjerno mjesto mora biti smješteno u ravnom dijelu dimnjače, na udaljenosti najmanje dva promjera dimnjače od koljena ili skretnog dijela, ispred i iza mjernog mjesta.

2.5 Mjerenje i evidencija

Sama metodologija uzimanja uzorka te preračunavanja na standardni udio kisika u dimnim plinovima, obuhvaćena je u Uredbi, te to ovdje nije posebno obrazložano. Ovdje ističemo potrebu točnog evidentiranja gore istaknutih podataka, po mogućnosti u obliku formulara:

- prethodna lista i
- mjerna lista.

U prethodnu listu upisuju se podaci o uređaju, kako je to gore navedeno, a u mjernu listu upisuju se preračunati rezultati mjerenja te radni parametri i osnovni podaci o uređaju.

Navedeni formulari moraju biti ugrađeni u Uredbu ili neki drugi novo doneseni prateći pravilnik.

2.6 Preračunavanje izmjerenih vrijednosti

Ukoliko uređaj za mjerenje emisija nema mogućnosti automatskog preračunavanja sadržaja dimnih plinova na standardnu veličinu, izmjerene vrijednosti treba preračunati u ekvivalentne za sadržaj 3 %O₂.

Također, većina uređaja za mjerenje ne vrši mjerenje CO₂, već se sadržaj istoga izračunava iz izmjerenog sadržaja O₂ i sastava goriva.

2.7 Ocjena starta plamenika

Mjerenje emisija predviđeno je pri pogonskim parametrima i uvjetima. Na taj način nije obuhvaćen start plamenika. Naročito kod manjih uređaja za loženje regulacija je često izvedena tako da ista uključuje često uključivanje i isključivanje plamenika. Stoga smatramo bitnim izvršiti i ocjenu starta plamenika, odnosno u uredbu ugraditi ograničenja vezana za startne uvjete, odnosno vrijeme u kojem se mora ostvariti stabilizacija plamena.

U njemačkim i europskim normama (DIN 4787 i EN 267), utvrđeno je da se udarni tlak paljenja mora stabilizirati tijekom 0,8 s, te da za to vrijeme mora biti pozitivan (nadtlak). Nadalje, definirane su i maksimalne varijacije tlaka u ložištu, tijekom pogona.

3 Usporedba izmjerenih vrijednosti sa stvarnim stanjem

Emisije CO₂, CO, O₂, NO_x, krutih čestica, h, čađi i ugljikovodika; ovisne su o stanju uređaja za loženje, o podešenosti izgaranja i vrsti goriva. Realnost izmjerenih vrijednosti ovisi o pridržavanju metodologije mjerenja.

Emisija SO₂, kod uređaja za loženje koji nemaju uređaj za odsuporavanje dimnih plinova, ovisi gotovo isključivo o sadržaju sumpora u gorivu. Stoga za ekstra lako lož ulje dajemo dijagram ovisnosti sadržaja SO₂ u dimnim plinovima o sadržaju sumpora u ekstra lakom lož ulju^[1]:

Iz gornje tablice je vidljivo da je za svaki slučaj potrebno pronaći optimalno rješenje.

Stvaranju NO_x pogoduje također i viša temperatura te niska vlažnost ulaznog zraka.

Na postojećim uređajima za loženje, ograničeno smanjenje emisije dušikovih oksida može se postići: smanjenjem kapaciteta plamenika; čišćenjem dimne i vodene strane ogrjevnih površina u ložištu; smanjenjem pretička zraka.

Znatno smanjenje emisije dušičnih oksida može se postići samo zamjenom i ugradnjom tzv. LOW- NO_x uređaja za loženje koji su konstrukcijski riješeni tako da umanjuju emisije dušičnih oksida koristeći tzv. primarne mjere. Pri nabavci novih uređaja za loženje treba nabavljati opremu slijedećih karakteristika:

- plamenike s oznakom "Plavi anđeo" – recirkulacija dimnih plinova u samom ložištu, odnosno plamenoj glavi;
- kotlove s povratom dimnih plinova u mješalište plamenika – za veće jedinice;
- kotlovi s većim volumenom ložišta - manjim toplinskim opterećenjem ložišta.

Kod vrlo velikih uređaja za loženje može se ugraditi i postrojenje za uklanjanje dušičnih oksida iz dimnih plinova. Ali, svjetska iskustva su pokazala da je i za takva postrojenja (termoelektrane i sl.) primjerenije uvesti primarne mjere (recirkulacija dimnih plinova, obaranje temperature plamena i sl.).

4.4 Sumporni dioksid (SO_2)

Razina sumpornih oksida u dimnim plinovima, ovisna je prvenstveno o sadržaju sumpora u gorivu.

Pored odsumporavanja, koje se primjenjuje kod vrlo velikih uređaja za loženje (termoelektrane i sl.), jedina efikasna mjera za smanjenje emisija sumpornih oksida je korištenje goriva s manjim sadržajem sumpora.

Za daljnje smanjenje emisija sumpornih oksida iz manjih uređaja za loženje, gdje je odsumporavanje nemoguće primjeniti, potrebno je regulativu usmjeriti prema proizvođačima goriva, odnosno nabavljati gorivo s manjim sadržajem sumpora.

4.5 Krute čestice i čađ

Krute čestice i čađ u uređajima za loženje loženih tekućim i plinovitim gorivom nastaju zbog lošeg izgaranja (čadenje) ili udaranja plamena u stijenk u ložišta (koksiranje). Te prisustva pepela, odnosno neizgorivog u tekućim gorivima.

Pepeo u ekstra lakom lož ulju gotovo nije ni prisutan (0,02 %m), a i u težim frakcijama javlja se tek u manjom mjeri teško lož ulje (0,2 %m).

Čadenje je uzrocima povezano s nastajanjem CO, tako da i mjere za smanjenje emisije CO umanjuju i čadenje. Dodatni razlog čadenju može biti i nedovoljno zagrijano tekuće gorivo (teže frakcije).

Koksiranje nastaje udaranjem plamena u relativno hladnu stijenk u ložišta. Uzrok ovakvom stanju može biti: skretanje plamena, preširok plamen, predug plamen ili plamen prevelikog volumena, odnosno prekapacitirano ložište. Izmjenom sapnice s različitim kutevima rasprskavanja, pomakom položaja sapništa i difuzora

u odnosu na plamenu glavu i drugim mjerama na plameniku, može se utjecati na dužinu plamena. Skretanje plamena posljedica je oštećenja na plamenoj cijevi ili difuzoru, odnosno poremećajem njihovog međusobnog položaja, što zahtjeva njihovu izmjenu ili podešavanje.

4.6 Ugljikovodici

Prisustvo ugljikovodika u dimnim plinovima uzrokovano je lošim rasprskavanjem i mješanjem goriva sa zrakom ili nedovoljno zagrijanim gorivom (teže frakcije). U pravilu navedeni problem rješava se čišćenjem ili izmjenom sapnice, odnosno podizanjem temperature predgrijavanja goriva.

5 Zaključak

Pravilnom metodologijom pristupa mjerenju emisija iz uređaja za loženje, moguće je izvršiti analizu izmjerenih rezultata i izraditi mjere za smanjenje emisija iz uređaja za loženje.

Emisija SO_2 ovisna je samo o korištenom gorivu, dok je smanjenje emisija NO_x ovisno prvenstveno o izvedbi uređaja za loženje.

Emisije ostalih onečišćujućih tvari ovisne su o stanju i podešenosti uređaja za loženje, te se na njih može utjecati, bez izmjene uređaja ili korištenog goriva.

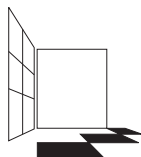
Emisiju SO_2 , uz uobičajene uvjete izgaranja, može se odrediti iz prikazanog dijagrama, ovisnosti emisije SO_2 o emisiji O_2 i sadržaju sumpora u gorivu.

Emisija krutih čestica, pri loženju tekućim i plinovitim gorivom, može se ocjeniti na temelju stanja ložišta i podešenosti izgaranja. Odnosno, ukoliko u dimnim plinovima nije prisutna čađ i ukoliko nema pojave koksiranja, možemo utvrditi da nema emisije krutih čestica. Ovo pravilo važi kod svih goriva koja nemaju znatan sadržaj pepela – plin i lakše frakcije loživih ulja.

Literatura:

- [1] -*weishaupt- Brener technic 2.2.*, Max Weishaupt GmbH, Njemačka, Schwendi, 1992.
- [2] *Radne liste tehnike izgaranja tvrtke Körting*, Körting-Hannover AG, Hannover 1995.
- [3] Dr. Zmagoslav Prelec, *Energetika u procesnoj industriji*, Školska knjiga, Zagreb i INA-Industrija nafte Zagreb d.d., Rafinerija nafte Rijeka, Zagreb – Rijeka, 1994.

Tema 3
Onečišćenje vanjske atmosfere (imisijske)
i unutrašnje atmosfere



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Šega, K.¹

Razvoj i prva ispitivanja uređaja za sakupljanje PM₁₀ i PM_{2.5}

Sažetak: Koncentracije frakcija lebdećih čestica ekvivalentnog aerodinamičkog promjera manjeg od 10, odnosno 2.5 μm (PM₁₀ i PM_{2.5}) u mnogo su boljoj korelaciji s mogućim negativnim zdravstvenim učincima u usporedbi s koncentracijom ukupnih lebdećih čestica (TSP) pa ih je zato neophodno mjeriti. Navedena mjerenja su postala uobičajena u većini razvijenih zemalja svijeta, uključujući gotovo sve zemlje Europe, te istiskuju i zamjenjuju mjerenja koncentracija i sastava TSP. Iz tog smo razloga pristupili razvoju uređaja koji bi svojim karakteristikama, te posebno cijenom, zadovoljio potrebe kontinuiranih mjerenja u sklopu praćenja razina onečišćenja zraka lebdećim česticama koja se kod nas provode. Posebnim se načinom regulacije i mjerenja protoka omogućava simultano sakupljanje nezavisnih uzoraka obje navedene frakcije čestica, te se uporabom jednog kućišta i jedne sisaljke obavlja funkcija dva komercijalno dostupna uređaja. Ulazni dijelovi uređaja su izvedeni na način da na što je moguću manju mjeru svedu utjecaj vjetrova i magle, dok se odvajanje frakcije krupnih čestica provodi uporabom impaktora koji nužno zadovoljavaju optimalne uvjete rada (Stokesov i Reynoldsov broj). Protok zraka kroz uređaj dimenzioniran je tako da omogućava prikupljanje dovoljne mase uzoraka za daljnje analize sastava čestica. Razvoj i ispitivanje uređaja će se nastaviti s posebnim naglaskom na interkalibraciju s uređajem preporučenim od Svjetske zdravstvene organizacije.

Development and Assessment of PM₁₀ and PM_{2.5} Samplers

Summary: Since concentrations of PM₁₀ and PM_{2.5} show much higher correlation to the negative health effects compared to the total suspended particulate matter, their monitoring turned to be indispensable and routine procedure in developed countries. For this reason started the construction and assessment of the equipment, which will due to its characteristics and price fulfils the needs of particulate monitoring in Croatia. By means of special flow regulation and control, both particle fractions are collected simultaneously using one pumps and housing. Air inlets are designed in the way to minimize the influence of wind and mist, while both particle fractions are separated by means of inertial impactors

¹ Krešimir Šega, Jedinica za higijenu okoline, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada

with optimal characteristics concerning Stokes and Reynolds number. Air flow through the sampler provides sufficient mass of the sample for further chemical analysis of the samples. Further inter calibrations to the samplers recommended by WHO are under way.

Uvod

Neophodnost mjerenja frakcija lebdećih čestica ekvivalentnog aerodinamičkog promjera manjeg od 10, odnosno $2.5 \mu\text{m}$ (PM_{10} i $\text{PM}_{2.5}$) proizlazi iz činjenice da su njihove koncentracije u mnogo boljoj korelaciji s mogućim negativnim zdravstvenim učincima u usporedbi s koncentracijom ukupnih lebdećih čestica (TSP) (1, 2, 3, 4). Pri sakupljanju ukupnih lebdećih čestica, gornja granica veličina sakupljenih čestica uglavnom je nedefinirana, zavisna je o izvedbi uređaja za sakupljanje, posebno o geometriji ulaznog dijela, te o ulaznoj brzini zraka. Iako malobrojne, krupne čestice izrazito doprinose ukupnoj masi, koja osim o gustoći ovisi o trećoj potenciji njihove veličine. Dodatni problem predstavlja brzina vjetra, koja općenito predstavlja smetnju kvantitativnom određivanju koncentracija lebdećih čestica. Stoga različiti tipovi sakupljača ukupnih čestica rijetko daju rezultate koji se međusobno dobro slažu. Drugi je razlog razlika u sastavu samih čestica, naročito stoga što se štetni sadržaj (Pb , Mn , Cd , CL^- , NO_3^- , SO_4^{2-} itd.) gotovo u potpunosti nalazi u frakcijama čestica malog promjera. Bitni doprinos boljoj povezanosti zdravstvenih učinaka s koncentracijama sitnih čestica leži u anatomiji dišnog sustava preko kojeg se čestice unose u organizam, te se ovisno o svojim aerodinamičkim svojstvima u njemu odvajaju iz struje zraka i deponiraju u organizmu (5). Shodno navedenom, definiraju se inhalabilna (PM_{10}) i respirabilna frakcija čestica ($\text{PM}_{2.5}$), kao pokazatelji onečišćenja zraka lebdećim česticama (6). Mjerenja PM_{10} i $\text{PM}_{2.5}$ su postala uobičajena u većini razvijenih zemalja svijeta, uključujući gotovo sve zemlje Europe, te istiskuju i zamjenjuju mjerenja koncentracija i sastava TSP. Iz tog se razloga pristupilo razvoju uređaja koji bi svojim karakteristikama, te posebno cijenom, zadovoljio potrebe kontinuiranih mjerenja u sklopu praćenja razina onečišćenja zraka lebdećim česticama koja se kod nas provode.

Zahtjevi na način izvedbe uređaja

U svrhu postizanja što bolje točnosti mjerenih koncentracija, kao i usporedivosti s rezultatima dobivenim pomoću drugih tipova uređaja, posebnu je pažnju potrebno posvetiti načinu izvedbe. Ovo se posebno odnosi na ulazni dio zraka u uređaj, te dio u kojem se odvija separacija krupnih čestica iz struje zraka. Ujedno je potrebno dimenzionirati uređaj na način da količina uzorka zadovoljava zahtjeve gravimetrije kao i analize sadržaja čestica.

Ulazni dio uređaja

Potrebno je svesti utjecaj vjetra na minimum što direktno utječe na oblik i dimenzije ulaznog dijela uređaja (7, 8). Moguće je provesti konstrukciju koja minimizira utjecaj vjetra do brzina od $10\text{--}15 \text{ km h}^{-1}$, no pri većim brzinama ovaj problem se uglavnom ne može riješiti.

Ulazne dimenzije uređaja moraju dopuštati dovoljnu brzinu zraka, kako bi se izbjegli gubici čestica iz mjernog područja veličina uslijed taloženja.

Odjeljivanje krupnih čestica

Frakciju čestica dimenzija većih od željenih potrebno je odvajati pouzdano i ujednačeno. Kao najjednostavniji i najpouzdaniji odvajajući upotrebljavaju se impaktori čestica (9), u kojima se odvajanje provodi inercijalnim izdvajanjem iz struje zraka uz nakupljanje udaranjem čestica na u tu svrhu pripremlju podlogu.

Protok zraka kroz uređaj

O protoku zraka kroz uređaj, vremenu sakupljanja uzorka i razinama koncentracija čestica ovisi ukupna masa uzorka. Ona nužno mora biti dostatna da bi se mogli dobiti dovoljno precizni rezultati odvaga i analiza sadržaja čestica. Stoga se pri proračunu protoka polazi od preciznosti vage i analitičkih uređaja, te na taj način određuje minimalni protok potreban za pouzdano sakupljanje uzoraka čestica. Pogreške pri mjerenju protoka je potrebno minimalizirati, te će o željenoj preciznosti ovisiti vrsta i cijena mjernog uređaja.

Završna filtracija

Uzorak čestica se dobiva završnom filtracijom čestica iz zraka koje su prošle separator. Vrsta i značajke filtra odabiru se prema zahtjevima daljnjih analitičkih postupaka, padu tlaka kroz filter koji ujedno definira vrstu i snagu sisaljke, te cijeni filteraskog materijala.

Ostali zahtjevi

Uz navedene osnovne zahtjeve ne treba zanemariti ni zahtjev za sigurnošću poslužitelja, te postizanjem što bržeg i jednostavnijeg posluživanja uređaja. Način transporta, težina i veličina uređaja najčešće nisu od presudne važnosti s obzirom na to da se sakupljanje uzoraka provodi na istom mjernom mjestu kroz duža vremenska razdoblja koja se mjere godinama.

Osnovne značajke uređaja

Uređaj je sastavljen od dva zasebna sakupljača smještena u jedno kućište, protok je osiguran zajedničkom sisaljkom, a mjerenje protoka zajedničkim mjeracom, te je na taj način osigurano istovremeno, paralelno sakupljanje frakcija PM_{10} i $PM_{2.5}$ i ujedno značajno snižena cijena proizvoda.

Protok zraka

Srednja vrijednost protoka kroz svaki od sakupljača iznosi $1.17 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ te se time izdvaja dnevni uzorak čestica iz $\approx 100 \text{ m}^3$ zraka. Analogni elektronički elementi mjere pad tlaka zraka kroz mlaznicu i prikazuju rezultat na digitalnom prozoru, te na taj način u slučaju potrebe omogućavaju stalnu kontrolu i regulaciju protoka.

Separatori krupne frakcije čestica

Frakcija krupnih čestica odvaja se impakcijom na dva stupnja. Prvi stupanj je pomoćni i odvaja čestice ekvivalentnog aerodinamičkog promjera većeg od $\approx 15 \mu\text{m}$, te služi za izdvajanje smeća, insekata i magle iz uzorka. Drugi stupanj impakcije odvaja čestice s učinkovitošću od 50% pri zadanom "promjeru rezanja" (cut-off diameter) od 10, odnosno $2.5 \mu\text{m}$, te na taj način stvara uzorke inhalabilne ili respirabilne frakcije lebdećih čestica. Podloge na koje se čestice nakupljaju premazane su mašću (silikonska mast Baysilone-Paste, Bayer) kako bi se izbjeglo odbijanje već sakupljenih čestica.

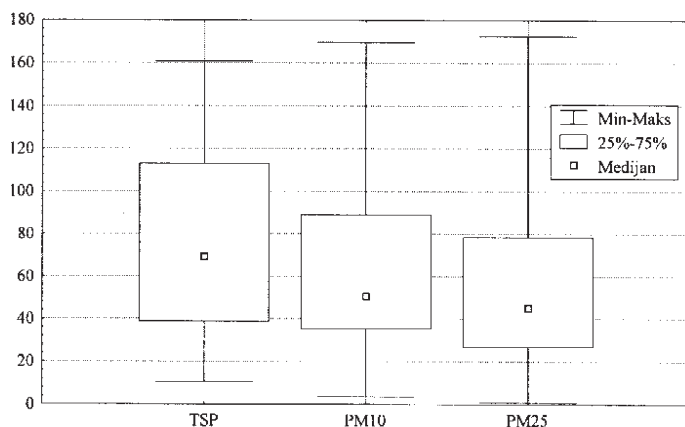
Odabran je kružni oblik mlaznica, a osnovni radni parametri impaktora su: Stokesov broj 0.226, Reynoldsov broj 3000, omjer udaljenosti podloge i promjera mlaznice >1.5 , te su na taj način zadovoljeni optimalni uvjeti separacije impakcijom (9).

Filtracija inhalabilne/respirabilne frakcije čestica

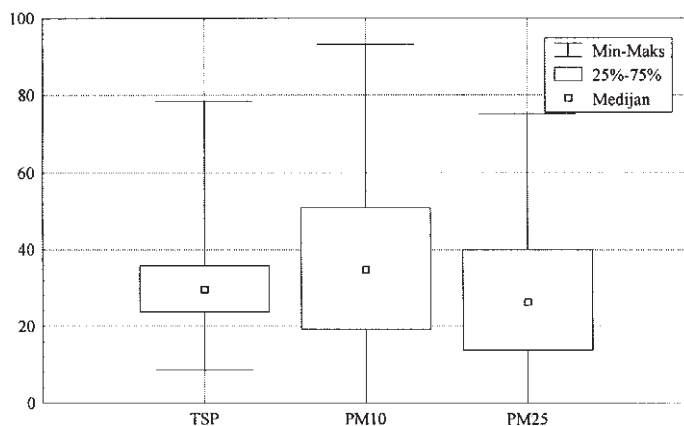
Uzorci PM10, odnosno PM2.5 dobivaju se filtracijom iz pročišćene struje zraka na filtre promjera 90 mm. Moguće je korištenje raznih vrsta filtarskih materijala (celuloza, staklena vlakna, kvarcna vlakna, nitroceluloza, teflon itd.), ovisno o zahtjevima daljnjih analitičkih postupaka.

Rezultati i rasprava

Paraleno su sakupljani uzorci TSP, PM10 i PM2.5 tijekom jeseni 1998. i proljeća 1999. godine, ukupno 125 dana mjerenja. Uzorci TSP sakupljani su na membranske nitrocelulozne filtre Sartorius 11302-100 promjera 100 mm promjera pora od $3.0 \mu\text{m}$, dok su uzorci PM10 i PM2.5 sakupljani na membranske nitrocelulozne filtre Millipore AAWP09025 promjera 90 mm promjera pora od $0.8 \mu\text{m}$. Sumarni rezultati mjerenja prikazani su na Slikama 1-2.



Slika 1. Koncentracije lebdećih čestica tijekom jesenskog razdoblja ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Slika 2. Koncentracije lebdećih čestica tijekom proljetnog razdoblja ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Rezultati pokazuju vrlo dobro slaganje između pojedinih frakcija tijekom jesenskog razdoblja. Iznenaduju visoki iznosi omjera PM₁₀/TSP, PM_{2.5}/TSP i PM_{2.5}/PM₁₀ u usporedbi s rezultatima drugih autora. Razloge treba tražiti u specifičnoj raspodjeli čestica na mjernom mjestu i već navedenoj nedefiniranoj gornjoj granici veličina pri sakupljanju TSP, kao i u samim karakteristikama uređaja koji se ispituje.

Tablica 1. Korelacije izmepu frakcija čestica ($P < 0.00001$)

Jesen					
x	y	N	r	a	b
TSP	PM10	23	0.952	-14.2	1.18
TSP	PM2.5	23	0.927	-14.8	1.09
PM10	PM2.5	41	0.983	-2.7	
0.93					
Proljeće					
x	y	N	r	a	b
TSP	PM10	81	0.603	4.3	0.98
TSP	PM2.5	81	0.599	2.6	0.78
PM10	PM2.5	81	0.865	2.8	0.69

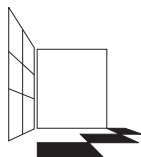
Rezultati mjerenja provedenih tijekom proljeća pokazuju slabije slaganje, te ponekad niže vrijednosti TSP u odnosu na PM₁₀ i PM_{2.5}. Valja napomenuti da je promijenjen tip uređaja za sakupljanje ukupnih čestica, s potpuno drugačijom geometrijom ulaznog dijela i mnogo većim protokom zraka u odnosu na uređaj korišten tijekom jeseni. Omjer PM_{2.5}/PM₁₀ je niži od onog dobivenog u jesenskoj kampanji mjerenja i približava se uobičajenim vrijednostima, najvjerojatnije kao

posljedica drugog sastava čestica prvenstveno zbog klimatskih razloga i cvjetanja bilja.

Ispitivanja se nastavljaju, te će uključiti višestruko paralelno sakupljanje uzoraka na različite vrste filtarskih materijala, na različitim mjernim mjestima, kao i interkalibraciju s uređajima preporučenim od strane Svjetske zdravstvene organizacije.

Literatura

1. Aunan, K.: Exposure- Response Functions for Health Effects of Air Pollutants Based on Epidemiological Findings. Report 1995:8 CICERO, University of Oslo
2. Dockery, D.W., Schwartz, J and Spengler, J.D.: Air Pollution and Daily Mortality: Associations with particulates and Acid Aerosols. *Environmental Research* **59(1992)** 362-373.
3. Schwartz, J. and Marcus, A.: Mortality and Air Pollution in London: A Time Series Analysis. *American Journal of Epidemiology* **131** (1990) 185-194.
4. Schwartz, J. and Dockery, D.W.: Particulate Air Pollution and Daily Mortality in Steubenville, Ohio. *American Journal of Epidemiology* **135** (1992) 12-19.
5. ISO-7708-1995. Air quality- Particle size fraction definitions for health-related sampling.
6. Li, X.Y., Gilmore, P.S., Donaldson, K., Macnee, W: Free radical activity and pro-inflammatory effects of particulate air pollution (PM10) in vivo and in vitro, *Thorax*, **51** (12) 1996, 1216-1222.
7. Liu, B.Y.H. and PUI, D.Y.H.: Aerosol Sampling Inlets and Inhalable Particles. *Atmospheric Environment* **15** (1981) 589-600.
8. Agarwal, J.K. and Liu, B.Y.H.: A Criterion for Accurate Aerosol Sampling in Calm Air. *American Industrial Hygiene Association Journal*, **41** (1980) 191-197.
9. Marple, V.A. and Willeke, K.: Impactor Design. *Atmospheric Environment* **10** (1976) 891-896.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Vadić, V.¹, Hršak, J.¹, Jukić, J.²

Razine NO₂ u zraku Zagreba

Sažetak: Mjerenje NO₂ započelo je u Zagrebu 1994. godine na 5 mjernih postaja. U ovom radu prikazane su razine i trendovi srednjih godišnjih koncentracija NO₂ za razdoblje od 5 godina mjerenja od 1994. do 1998. godine za sve mjerne postaje. Dobiveni rezultati uspoređeni su s PV i GV prema Zakonu o zaštiti zraka i Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka. U radu je također prikazan tijek srednjih mjesečnih koncentracija u 1998. godini za sve mjerne postaje. Na mjernoj postaji u sjevernom dijelu grada mjerene su razine koncentracija NO₂ na dvije različite udaljenosti od prometnice. Na istoj postaji mjerene su i dnevne varijacije u razinama koncentracija koje su prikazane kao satni prosjeci. Zrak je u Zagrebu glede NO₂ umjereno onečišćen na svim mjernim postajama, jer je tijekom svih 5 godina mjerenja na svim postajama dolazilo do prelaska PV, ali su izmjerene koncentracije bile ispod GV.

NO₂ Levels in Zagreb Air

Summary: Surveillance of NO₂ in Zagreb has started in 1994 at 5 measuring sites. This paper presents the levels and trends of NO₂ and annual mean values for the period between 1994 and 1998. The obtained data are compared with the recommended and limit values according to the Law on Air Quality Protection in Croatia and the Ordinance on Recommended and Limit Air Quality Values. This paper also presents the variations of monthly mean values through 1998 at all sites. The levels of NO₂ at the measuring site in the northern part of Zagreb, were measured on two different distances from the street. At the same measuring site daily variations in the levels were measured near the road and presented as hourly averages. For the last 5 years, ever since the measurement commenced the concentration levels of NO₂ in Zagreb have remained above the recommended limit values and below limit values at all measuring sites, indicating that the air is moderately polluted.

1 Vladimira Vadić, Janko Hršak, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

2 Jerka Jukić, Gradski ured za zdravstvo, rad i socijalnu skrb

Uvod

Najveći dio dušikovih oksida u atmosferi potječe od prirodnih procesa, no pojave visokih koncentracija uglavnom su posljedica ljudskih aktivnosti. To su najčešće poljoprivredni radovi, spaljivanje fosilnih goriva u ložištima i u motorima s unutrašnjim sagorijevanjem te specifični industrijski procesi. Pri tome nastaje gotovo redovito dušikov monoksid koji oksidacijom postupno prelazi u dušikov dioksid.

Brzina konverzije i međuprodukti koji nastaju, ovise o prisutnosti ozona, OH-radikala, ugljikovodika te drugih onečišćenja u zraku, a prije svega o insolaciji. Dušikovi oksidi imaju bitnu ulogu u raznim kemijskim i fotokemijskim reakcijama u atmosferi koje dovode do stvaranja tzv. fotokemijskog smoga koji štetno djeluje na materijale, vegetaciju, ljudsko zdravlje i smanjenje vidljivosti. Ispitivanja utjecaja dušikovih oksida na zdravlje (1) pokazala su da je NO_2 4-5 puta toksičniji od NO. Zbog toga su u Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka (2) dane preporučene i granične vrijednosti kakvoće zraka za NO_2 na osnovi kojih se sukladno sa Zakonom o zaštiti zraka (3) može provesti kategorizacija kakvoće zraka okolnog područja glede tog onečišćenja.

U ovom radu prikazane su razine i trendovi NO_2 u Zagrebu od početka kontinuiranog mjerenja 1994. godine.

Uzorak i metode

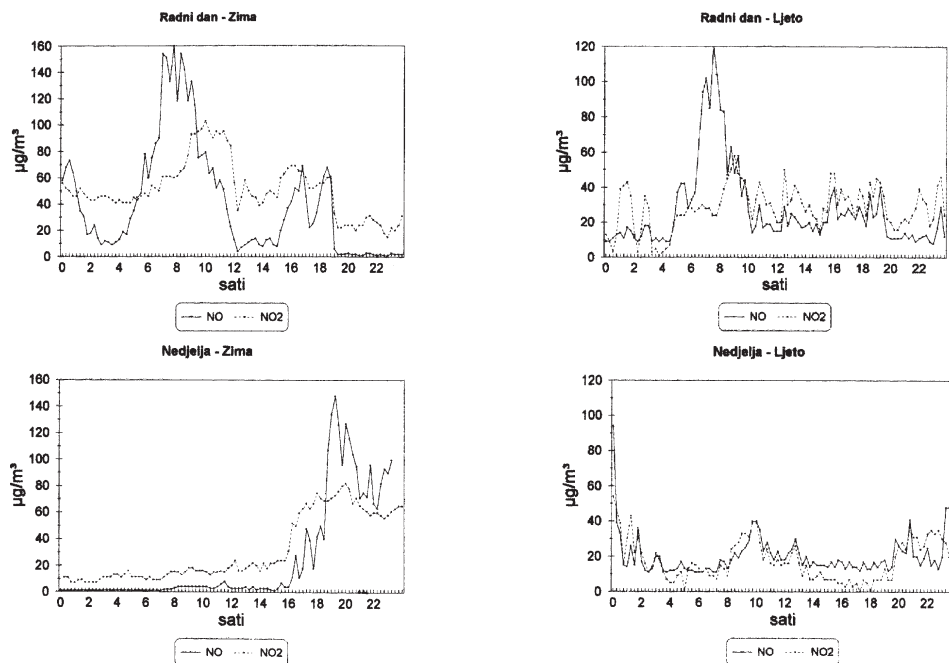
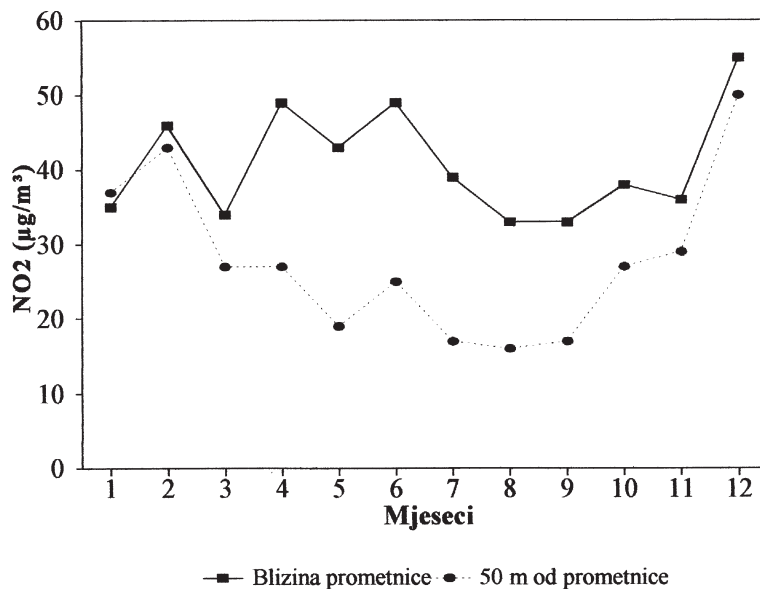
Od 1994. godine na 5 mjernih postaja kontinuirano se određuje NO_2 . Uzorkovanje 24-satnih uzoraka NO_2 provođeno je na svim postajama pasivnim sakupljanjem, tj. apsorpcijom NO_2 na impregnirane filtre, a nakon ekstrakcije s impregniranih filtara koncentracija NO_2 određena je spektrofotometrijski (4).

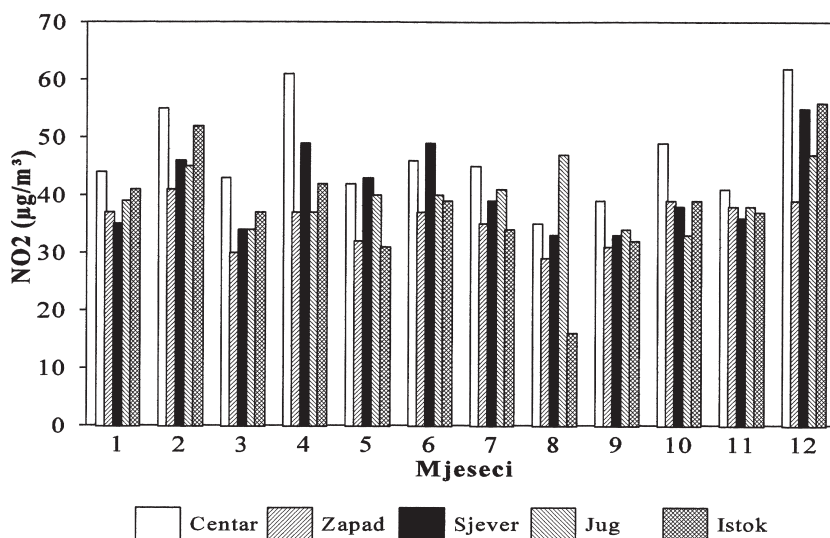
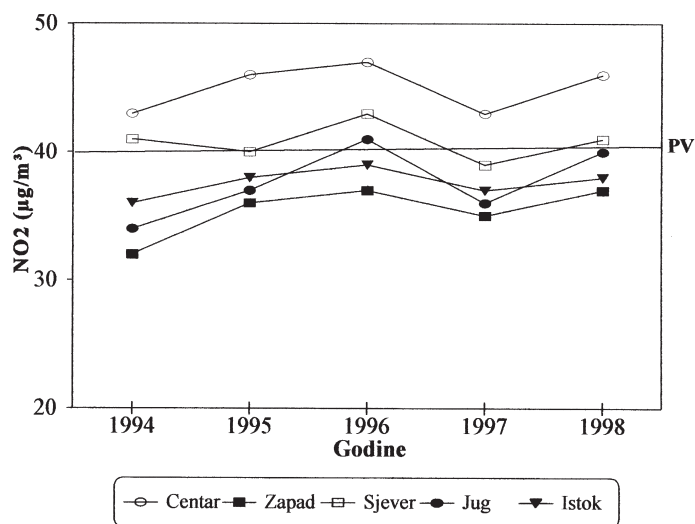
Na jednoj mjernoj postaji u sjevernom dijelu grada koncentracije NO_2 određivane su na dvije udaljenosti od prometnice. Na istoj mjernoj postaji, uz prometnicu, praćena su dnevna kolebanja NO_2 i NO pomoću automatskog analizatora AN-SYCO AC 30M koji analizu provodi kemiluminiscencijom.

Rezultati i diskusija

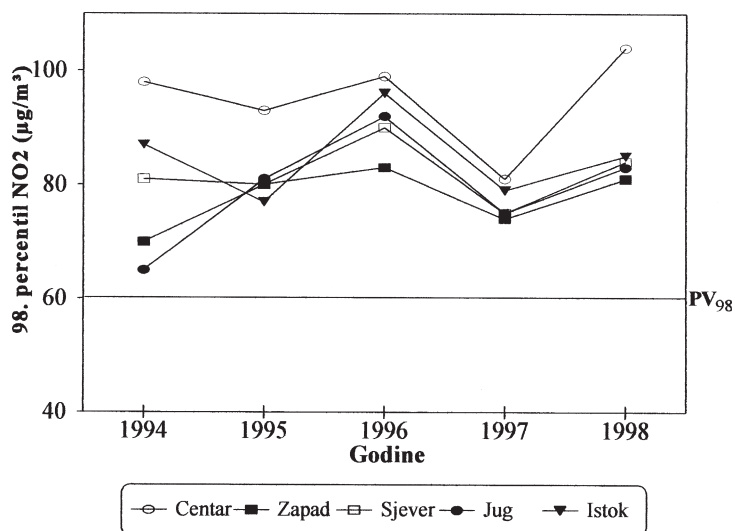
Koncentracije onečišćujućih tvari mijenjaju se tijekom dana, tjedna i godine ovisno o aktivnostima stanovništva i meteorološkim uvjetima. Zato postoji pravilan dnevni, tjedni i godišnji hod razina koncentracija koji može biti poremećen promjenom jakosti emisije ili vremenskim uvjetima (5).

Na slici 1 prikazan je dnevni hod koncentracija NO i NO_2 tijekom radnog dana i nedjelje u zimskom i ljetnom razdoblju mjerenja. Dobiveni rezultati pokazuju, bez obzira na sezonu, radnim danom izrazito povišene koncentracije NO između 6 i 10 sati ujutro, te nešto manje izražene pikove u popodnevnim satima, što se može pripisati pojačanom prometu, kada ljudi odlaze na posao, ili se vraćaju s posla.

Slika 1. Dnevni hod koncentracija NO i NO_2 Slika 2. Razlike u razinama NO_2 u Zagrebu u ovisnosti o udaljenosti od prometnice tijekom 1998. godine

Slika 3. Tijek srednjih mjesečnih koncentracija NO_2 u 1998. godiniSlika 4. Trend srednjih godišnjih koncentracija NO_2 u Zagrebu tijekom godina mjerenja

U dane vikenda, koncentracije NO značajno su više u kasnim popodnevним i noćnim satima, što se može povezati s pojačanim prometom u tim satima tijekom nedjelje. Dobiveni podaci dobro se slažu s istraživanjima drugih autora (6). Na slici 2 prikazane su razlike u razinama NO_2 u ovisnosti o udaljenosti od



Slika 5. Trend 98. percentil vrijednosti NO₂ u Zagrebu tijekom godina mjerenja

prometnice tijekom 1998. godine. Iz rezultata prikazanih na slici vidljivo je da u ljetnim mjesecima, kada je promet dominantan izvor NO₂, postoji značajna razlika u razinama tog onečišćenja izmjenjenog u neposrednoj blizini prometnice te na 50 m udaljenosti. U zimskim mjesecima, kada je izvor NO₂ osim prometa i zagrijavanje okolnih zgrada, većim dijelom na prirodni plin, ta je razlika u razinama izmjenjenim uz prometnicu i 50 m dalje manje izražena.

Godišnji hod srednjih mjesečnih koncentracija NO₂ u 1998. godini prikazan je na slici 3. Vidljivo je da ne postoje izražene sezonske varijacije, tj. da su koncentracije u zimskim i ljetnim mjesecima na sličnim razinama. Također je vidljivo da su najviše srednje mjesečne koncentracije najčešće zabilježene u centru grada.

Na slici 4 prikazan je trend srednjih godišnjih vrijednosti, a na slici 5 98. percentil vrijednosti za cjelokupno razdoblje mjerenja od 1994-1998. godine.

Iz slike 4 vidljivo je da su na mjernoj postaji u centru grada tijekom svih godina praćenja srednje godišnje vrijednosti bile iznad PV od 40 µg m⁻³.

U sjevernom dijelu grada 1994., 1996. i 1998. godine, a u južnom dijelu grada 1996. godine dolazilo je također do prelaska PV, dok su srednje godišnje koncentracije NO₂ izmjerene u istočnom i zapadnom dijelu grada bile ispod PV.

Međutim, 98. percentil vrijednosti (slika 5) na svim mjernim postajama tijekom cjelokupnog razdoblja praćenja bile su iznad PV₉₈.

Na temelju izmjerenih rezultata i njihove usporedbe s PV i GV prema Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka i Zakonu o zaštiti zraka, zrak u okolici svih mjernih postaja tijekom cjelokupnog razdoblja praćenja može se kategorizirati glede NO₂ kao II. kategorija kakvoće zraka.

Zaključak

Praćenje NO₂ u Zagrebu pokazuje da je to, nakon što su koncentracije SO₂ u zraku drastično smanjene uvođenjem plina kao glavnog energenta, postalo jedno od dominantnih onečišćenja. Na svim postajama dolazilo je do prelaska PV. Na smanjenje razina NO₂ u vanjskom zraku moglo bi se utjecati suzbijanjem industrijskih emisija, regulacijom prometa, kontrolom kakvoće goriva i zabranom uporabe automobila koji ne zadovoljavaju uvjete kakvoće. Prema analizama SZO (7), razine i trendovi NO₂ u Zagrebu slični su ili nešto niži od onih u gradovima zapadne Europe sa sličnim brojem stanovnika.

Literatura

1. Medical and Biologic Effects of Environmental Pollutants, Nitrogen Oxides, National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1997.
2. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, Nar. novine broj 101 (1996), str. 4198.
3. Zakon o zaštiti zraka, Nar. novine broj 48 (1995), str. 1452.
4. Pauković, R.: Određivanje dušik-dioksida u zraku primjenom pasivnih sakupljača, Arh. hig. rada toksikol. 38 (1987) 17-23.
5. Branka Penzar i sur.: Meteorologija za korisnike, Školska knjiga d.d. i Hrvatsko meteorološko društvo, 1996.
6. Pauković, R.: Karakteristike i sezonske razlike dnevnog hoda koncentracija dušikovih oksida u zraku, Zašt. atmos. 12 (2) (1984) 59-62.
7. Schwela, D.: Health and air pollution - A developing country's perspective. Papers of 11th World Clean Air Congress, 1998, Durban, South Africa, 1A-1.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Tomić, T.¹, Periš, N.¹

Kategorizacija kakvoće zraka na području kaštelanskog zaljeva i Splita u odnosu na ukupnu taložnu tvar za razdoblje 1976-1998.

Sažetak: Na istočnom dijelu kaštelanskog zaljeva smještena je jaka cementna industrija. Na temelju višegodišnjih mjerenja, u ovom radu, data je ocjena kakvoće zraka i izvršena je kategorizacija područja u odnosu na ukupnu taložnu tvar (UTT). Uspoređeni su rezultati mjerenja sa karakterističnih postaja u istočnom, srednjem i zapadnom dijelu kaštelanskog zaljeva i Splita sa preporučenom (PV) i graničnom vrijednošću (GV) za UTT.

Onečišćenje zraka taložnom tvari na području Splita i Kaštelanskog zaljeva najvećim je dijelom posljedica emisija iz industrije cementa.

Posljednjih godina uočen je lagani porast koncentracija UTT na svim područjima ispitivanja uslijed ponovnog oživljavanja proizvodnje cementa.

Air Quality Categorization in the Area of Kaštela Bay and Split in Regard to Total Deposited Matter for the Period 1976-1998

Summary: The strong cement industry is situated in the eastern part of Kaštela Bay.

In this paper, on the basis of the several years long measurements the evaluation of the air quality is given and the categorization of the area is made in regard to total deposited matter (TDM). The results of the measurements from the characteristic location in the eastern, middle and western part of Kaštela Bay and Split are compared with recommended value (RV) and limit value (LV) for TDM.

Pollution of Split and Kaštela bay area comes predominantly from cement industry emissions. Increase or decrease in production, introduction of new technologies substitution of fuels, introduction dust removal of systems resulted in various air quality of the investigated area.

Recently a slow increase of TDM concentration has been observed in all areas of investigation due to revival of cement production.

¹ Tomić, T., Periš, N., Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske

Uvod

Na istočnom dijelu Kaštelanskog zaljeva smještene su tri velike tvornice cementa, koje se praktički nalaze unutar naseljenog područja.

Tijekom 120 godina postojanja, došlo je do mnogih promjena u razvoju cementne industrije. Sve do sedamdesetih godina ulagalo se isključivo u tehnologije koje su imale za cilj povećanje proizvodnje. U razdoblju od 1976. do 1977. g. gradi se nova tvornica cementa "Sv. Juraj" u kojoj su prvi put predviđeni uređaji za smanjenje emisija onečišćenja iz glavnih ispusta. Godine 1977/78. u tvornici "Sv. Kajo" ugrađuje se vodotoranj i otprašivači, pa se emisije polagano smanjuju do 1983. godine.

Emisije naglo rastu 1983/84. G., jer se gotovo preko noći u tvornicama cementa umjesto mazuta, kao gorivo počinje koristiti ugljen, da bi se povratkom na mazut, emisije ponovo lagano smanjivale do 1991. godine.

U razdoblju od 1975. do 1991. g. proizvodnja klinkera u sve tri tvornice je iznosila oko 2,2 mil t/na godinu. Krajem 1991. godine naglo pada proizvodnja pa se tako u tvornicama "Sv. Juraj" i "Sv. Kajo" proizvelo svega 982.500 tona klinkera; 1992. g. -678.600 tona; 1993.g.-780.000 t, a 1994 g.-837.000 t. Od 1995. pa do kraja 1998. godine tvornica "Sv. Juraj" nije bila u funkciji, tako da je ukupna godišnja proizvodnja pala na samo 300.000 t klinkera.

Tvornica "Sv. Juraj" 1999. godine počinje ponovo sa radom pa se očekuje da će se u obje tvornice proizvesti cca 600-700.000 t/klinkera.

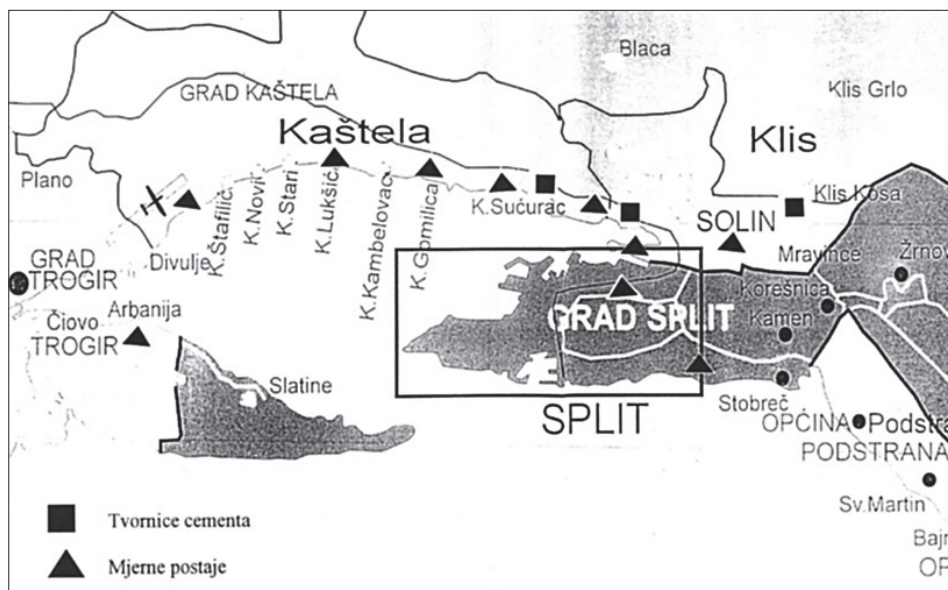
Sve navedeno uveliko je utjecalo na kakvoću zraka ovog područja. Stoga je na osnovu višegodišnjeg ispitivanja provedena kategorizacija područja i data ocjena kakvoće zraka s obzirom na ukupnu taložnu tvar (UTT) na istočnom, srednjem i zapadnom dijelu Kaštelanskog zaljeva i Splita u odnosu na preporučene (PV) i granične (GV) vrijednosti kakvoće zraka (2).

Preporučena (PV) i granična vrijednost (GV) za ukupnu taložnu tvar (UTT) (2)

	(PV) (mg/m ³ /dan)	(GV) (mg/m ³ /dan)
Cijela godina	300	350

Rasprava

Kontinuirano praćenje onečišćenja atmosfere UTT na području Splita i Kaštelanskog zaljeva započelo je 1975. godine. Tijekom godina mijenjao se broj i razmještaj mjernih postaja, zbog raznih objektivnih razloga. U ovom radu obrađeni su samo rezultati ispitivanja s postaja na kojima se mjerenja obavljaju neprekidno tijekom deset i više godina, kako bi se mogao pratiti trend kretanja kakvoće zraka u odnosu na UTT. Na slici 1. prikazan je zemljovid Kaštelanskog zaljeva s ucrtanim tvornicama cementa i mjernim postajama.



Slika 1. Zemljovid Kaštelanskog zaljeva sa usrtanim tvornicama cementa i mjernim postajama

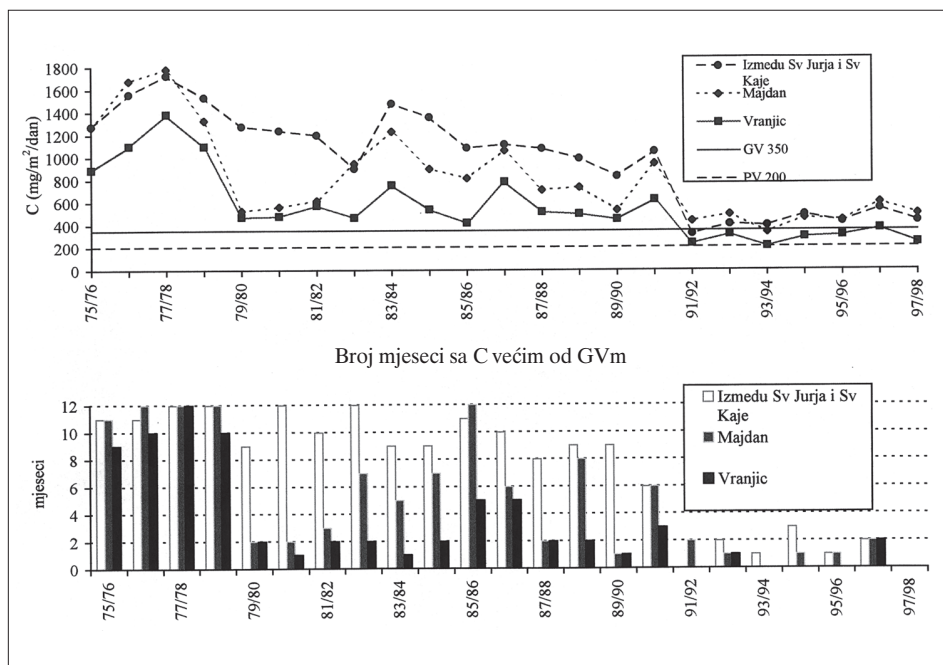
Na slici 2. prikazane su srednje godišnje koncentracije UTT sa postaja u istočnom dijelu Kaštelanskog zaljeva za razdoblje 1978-1998. godine. Prikazan je također broj mjeseci za svaku mjernu godinu sa koncentracijama većim od $650 \text{ mg/m}^3/\text{dan}$ (GVm).

Od 1975. do 1978. godine u istočnom dijelu Kaštelanskog zaljeva dolazi do stalnog porasta koncentracija UTT. U tom razdoblju je granična vrijednost ($\text{GV}-350 \text{ mg/m}^3/\text{dan}$) bila prekoračena za 250% do čak 400%. Istovremeno su tijekom 10-12 mjeseci (1977/78 g.) na svim postajama mjesečne koncentracije bile iznad $650 \text{ mg/m}^3/\text{dan}$ (GVm). Godine 1978/79. dolazi do pada koncentracija zbog gradnje vodotornja u tvornici "Sv. Kajo" i nekih drugih poboljšanja, koje su naročito izražene na postajama u Vranjici i Majdanu.

U razdoblju od 1978./79. do 1983./84. g. srednje godišnje koncentracije UTT ostaju gotovo na istoj razini, te prekoračuju GV na postaji između tvornica "Sv. Juraj" i "Sv. Kajo" za 156-263%, a na postajama Vranjic i Majdan 30-70%. Istodobno je GVm i dalje prekoračen tijekom 9-12 mjeseci na najugroženijem području, a u Vranjicu 1-2 mjeseca.

Godine 1983./84. dolazi do naglog porasta koncentracija UTT, uslijed uvođenja ugljena kao goriva, pa prekoračenje GV na ovom području ponovo iznosi 250-300%, s mjesečnim koncentracijama iznad GVm tijekom 9-12 mjeseci.

Godine 1985./86. ponovo se kao gorivo koristi mazut, pa se do 1990/91. g. koncentracije UTT vraćaju na razinu onih, koje su izmjerene u razdoblju od 1978. do 1984. godine.



Slika 2. Sadržaj srednje godišnje koncentracije taložne prašine u istočnom dijelu Kaštelanskog zaljeva

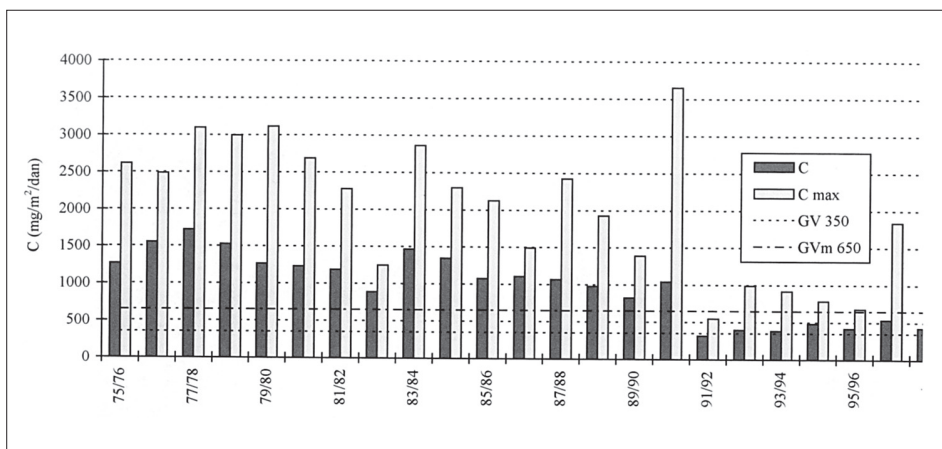
Do 1991. godišnja proizvodnja klinkera u sve tri tvornice iznosila je cca 2,2 mil t/god.

Krajem 1991. g. uslijed ratnih zbivanja i smanjene potražnje na tržištu naglo pada proizvodnja cementa, što se odrazilo padom koncentracija UTT u atmosferi. Tako su prvi put nakon niza godina koncentracije UTT niže od GV.

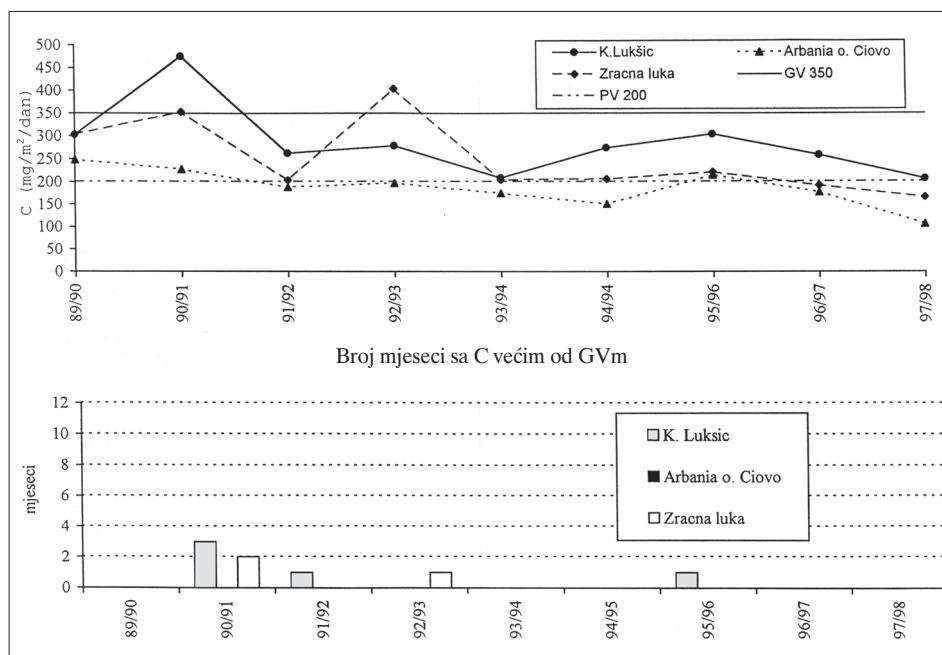
S oživljavanjem proizvodnje u razdoblju od 1993. do 1998. g. koncentracije UTT lagano rastu, ali su prekoračenja GV mnogo niža nego u prethodnim razdobljima (za 11-39%), a mjesečne koncentracije prelaze GVm tijekom 1-2 mjeseca godišnje. Da bi dobili pravu predodžbu o količinama prašine u atmosferi tijekom razdoblja ispitivanja prikazali smo na slici 3. srednje godišnje i maksimalne mjesečne koncentracije s najugroženijeg područja. Iz nje je vidljivo da su mjesečne koncentracije često bile iznad 2000 mg/m²/dan, a ponekad i iznad 3500 mg/m²/dan. Na slici 4. prikazano je kretanje godišnjih koncentracija UTT na srednjem (K. Lukšić) i zapadnom dijelu Kaštelanskog zaljeva, kao i broj mjeseci s mjesečnim koncentracijama višim od GVm.

Na ovim mjernim postajama s mjerenjem smo započeli 1989. godine

Kao i u istočnom dijelu Kaštelanskog zaljeva, najviše koncentracije UTT izmjerene su 1990/91. g. (godišnja proizvodnja 2,2 mil. t. klinkera).

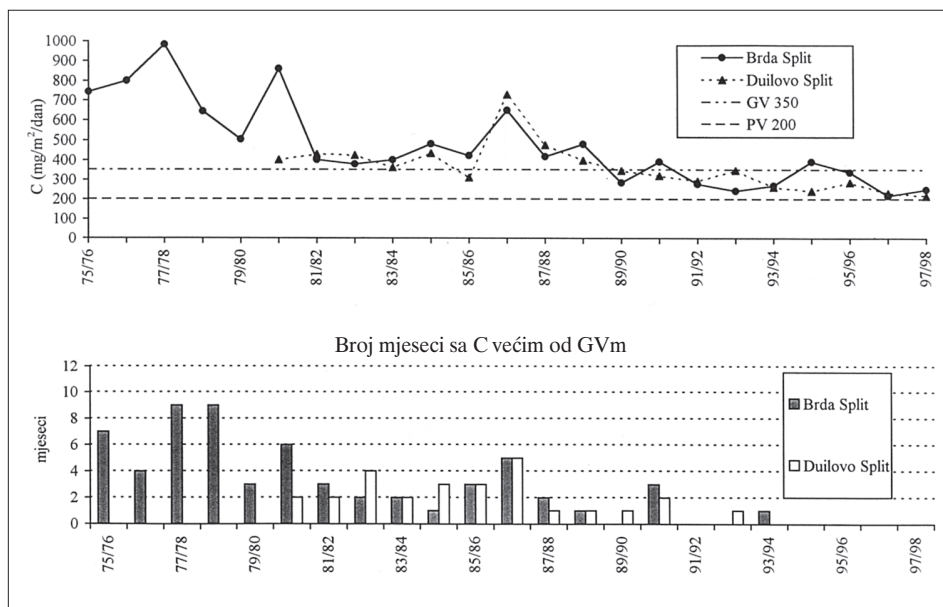


Slika 3. Maksimalne i srednje godišnje koncentracije taložne prašine između "Sv. Juraj" i "Sv. Kajo"



Slika 4. Sadržaj srednje godišnje koncentracije taložne prašine na području Splita

Tako je na srednjem dijelu Kaštelanskog zaljeva GV prekoračen za 36%. Od 1991. do 1998. srednje godišnje koncentracije na tom području su bile niže od GV, a više od PV (200 $\text{mg/m}^2/\text{dan}$) za 3-52%. Koncentracija od 650 $\text{mg/m}^2/\text{dan}$ je bila premašena samo tijekom jednog mjeseca (1995/96 g.).



Slika 5. Sadržaj srednje godišnje koncentracije taložne prašine na srednjem i zapadnom dijelu Kaštelanskog zaljeva

Slično je i na zapadnom dijelu Kaštelanskog zaljeva (zračna luka), gdje su koncentracije više od PV, ali niže od GV. Izuzetak je 1992/93. g., kad su nešto više koncentracije UTT posljedica građevinskih radova obavljenih u blizini.

Na području otoka Čiova od 1990/91. g., kad su koncentracije bile više za 13% od PV, sve srednje godišnje koncentracije su niže ili na samoj granici PV, a tijekom ni jednog mjeseca nije izmjerena koncentracija viša od GVm.

Na slici 5. prikazano je kretanje srednjih godišnjih koncentracija UTT na postaji Brda (sjeverni dio grada Splita) i na postaji Duilovo (južni dio grada Splita), kao i broj mjeseci s koncentracijama višim od GVm.

Na obje postaje su koncentracije UTT u mjernim razdobljima do 1991. g. bile iznad GV i pratile koncentracije izmjerene u istočnom dijelu Kaštelanskog zaljeva. Pri tome je na postaji Brda GV bila prekoračena za 85-129% u razdoblju 1975-1980. g., a od 1980-1991. g. za 19-46%.

Nešto niže srednje godišnje koncentracije UTT izmjerene su u istom razdoblju na postaji Duilovo. Od 1991. g. na postaji Brda su koncentracije niže od GV, a više od PV za 10-68%. Izuzetak je 1994/95. g., kada je GV premašen za 11%.

Srednje godišnje koncentracije UTT na postaji Duilovo su od 1991. do 1998. g. bile uvijek niže od GV, a više od PV za 9-74%. Samo tijekom jednog mjeseca je izmjerena koncentracija iznad GVm.

Zaključak

Onečišćenje zraka taložnom tvari na području Splita i Kaštelanskog zaljeva najvećim je dijelom posljedica emisija iz industrije cementa.

Porast, odnosno pad proizvodnje, uvođenje novih tehnologija, zamjena goriva, uvođenje sistema za otprašivanje, odražavalo se na kakvoću zraka ispitivanog područja.

Dugogodišnjim mjerenjima je utvrđeno da je zrak istočnog dijela Kaštelanskog zaljeva u čitavom razdoblju ispitivanja (od 1975-1998 g.) bio prekomjerno onečišćen, odnosno III. kategorije, s time što je prekoračenje GV od 1975. do 1991. g. bilo 200-400%, a od 1991-1998. g. 11-54%.

Zrak srednjeg dijela Kaštelanskog zaljeva je do 1991. g. bio III. kategorije (prekoračenje GV 10-36%), a od 1991. do 1998. g. je II. kategorije, odnosno umjereno onečišćen (prekoračenje PV 3-52%).

Zrak zapadnog dijela Kaštelanskog zaljeva je do 1991. g. bio II. kategorije (prekoračenje PV 13-24%), a od 1991-1998. g. je I. kategorije, odnosno čist ili neznatno onečišćen.

Zrak na području grada Splita bio je do 1991. g. III. kategorije (prekoračenje GV 20-120%), a od 1991-1998. g. je II. kategorije (prekoračenje PV 10-70%).

Posljednjih godina uočen je lagani porast koncentracija UTT na svim područjima ispitivanja uslijed ponovnog oživljavanja proizvodnje cementa.

Literatura

1. Izvješća o ispitivanju kakvoće zraka na području Splita i Kaštelanskog zaljeva, za razdoblja od 1975-1998.

Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske. Split 1975-1998.

2. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, Narodne novine 101/96.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Alebić-Juretić, A.¹, Matković, N.¹

Sadržaj metala u česticama u okolini brodogradilišta

Sažetak: Poslovi antikorozivne zaštite u brodogradilištu (pjeskarenje, bojanje) predstavljaju izvor emisija čestica u okoliš. U razdoblju listopad 1996.-rujan 1997. sakupljani su uzorci lebdećih čestica (1 postaja) te taložne tvari (6 lokacija) u okolini remontnog brodogradilišta "Viktor Lenac" u uvali Martinšćica. Iz sakupljenih uzoraka određen je i sadržaj metala: željeza, bakra, cinka, olova i kadmija. Iako prosječne godišnje koncentracije lebdećih čestica te kadmija i olova zadovoljavaju preporučene vrijednosti, sadržaj metala je općenito viši (i do nekoliko puta) u odnosu na vrijednosti koje se dobivaju u centru grada Rijeke. Na brodogradilište kao izvor emisija promatranih parametara ukazuje korelacija ($p < 0.05$) između potrošnje grita za vanjsko pjeskarenje po mjesecima te srednjih mjesečnih vrijednosti lebdećih čestica ($r = 0.513$) i olova ($r = 0.512$). Korelacija je još bolja ako se usporedi potrošnja grita s mjesečnim koncentracijama željeza ($r = 0.815$), bakra ($r = 0.760$) i cinka ($r = 0.911$), karakterističnih za emisije prilikom pjeskarenja, dok korelacija s kadmijem nije statistički značajna te ukazuje i na drugi izvor tog metala. Na postaji u neposrednoj blizini brodogradilišta, srednja godišnja i maksimalne mjesečne vrijednosti količina ukupne taložne tvari prelaze granične vrijednosti, a godišnja količina istaloženog olova viša je od preporučene vrijednosti, što ukazuje na visoko onečišćenje zraka krupnim česticama. Na ostalim postajama ukupne količine taložne tvari zadovoljavaju preporučene vrijednosti i na razini su količina koje se evidentiraju na drugim postajama županije, dok je sadržaj metala mnogo viši. Povremeno pojavljivanje visokih vrijednosti metala u taložnoj tvari na pojedinim postajama oko brodogradilišta ovisi kako o lokaciji vršenja radova unutar radnog prostora tako i o meteorološkoj situaciji u zaljevu Martinšćica.

Airborne Metal Concentrations in the Shipyard Environment

Summary: Operations of corrosive protection (abrasive blasting operations and painting) in the shipyard are the sources of airborne particulates. From Oct 1996 to Sept 1997 samples of suspended particulates (1 site) and dustfall (6 sites) were collected in the vicinity of the reconstruction shipyard situated in the Martinšćica Cove, eastwards from the city of Rijeka. Collected samples were analyzed on lead, cadmium, iron, copper and

¹ Ana Alebić-Juretić, Nada Matković, Zavod za javno zdravstvo, Rijeka

zinc content. Though annual mean concentrations of suspended particulates, lead and cadmium are below the guideline values, metal contents are generally higher (up to several times) as compared to the values obtained in the city center of Rijeka. Good correlation ($p < 0.05$) between the quantity of abrasive consumed per month for treatment of outer parts of the ship and monthly mean concentrations of suspended particulates ($r = 0.513$) and lead ($r = 0.512$) point out the shipyard to be the main source of these pollutants. The correlation is even better regarding monthly mean concentrations of iron ($r = 0.815$), copper ($r = 0.760$) and zinc ($r = 0.815$), these metals being typical for emissions from abrasive blasting operations. No significant correlation was found with cadmium, thus suggesting other possible source of this metal than shipyard. Annual mean, as well as maximum monthly amount of dustfall at the site next to the shipyard zone exceed the national limit values indicating considerable pollution of this area with coarse particulates. Annual mean quantity of lead in dustfall exceeds the guideline value at the same site. Total amount of dustfall found at the other sites surrounding the shipyard are within the guideline value, with annual means close to the values observed at other sites within the county, while the metal content is found to be significantly elevated. High content of metals occasionally observed in settleable dust at particular sites surrounding the shipyard are dependent upon the location of abrasive blasting operations and meteorological conditions within the Martinšćica Cove.

Uvod

U sklopu praćenja onečišćenja zraka u urbanim sredinama, gotovo redovito prate se i količine metala, bilo u lebdećim česticama ili u taložnoj tvari. Imisijske koncentracije metala, npr. olova i kadmija, prate se zbog njihove toksičnosti, dok neki metali poput željeza, mangana i bakra sudjeluju kao katalizatori u kemijskim reakcijama što se odvijaju u atmosferi (1). Najveća količina metala u atmosferi potječe iz antropogenih aktivnosti, te je atmosfera glavni put njihova transporta u druge medije kao što su vode i tlo. Izvori metala u urbanoj atmosferi su termoeenergetski objekti, domaćinstva, promet te pojedini industrijski procesi. Među takve procese spada i čišćenje površine mlazom abraziva (2), poznatije pod imenom pjeskarenje, što se vrši u brodogradilištima pri čemu se emitiraju čestice abraziva, stara boja te druge nečistoće.

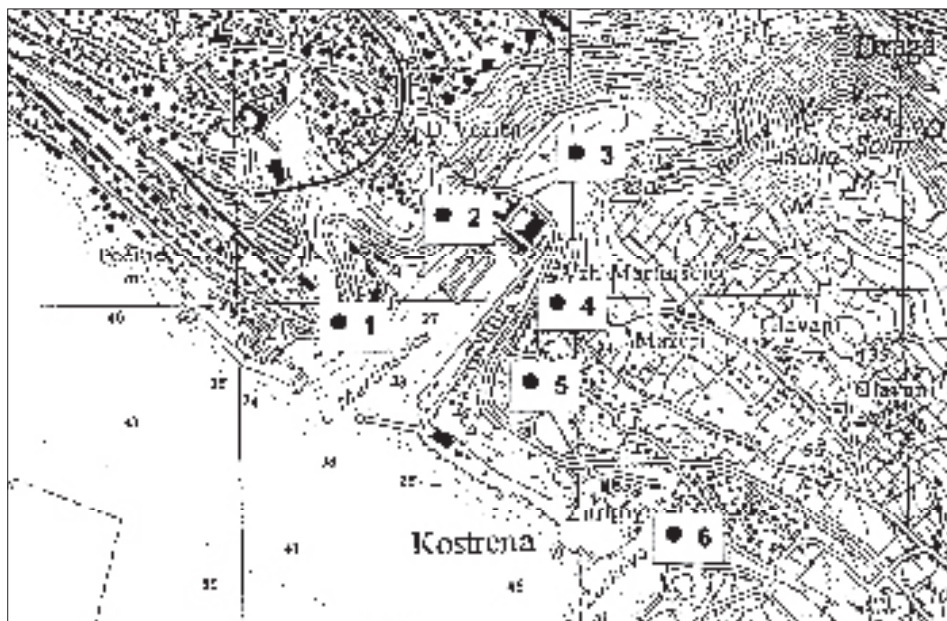
U radu su prikazani rezultati praćenja količine lebdećih čestica i taložne tvari te u njima prisutnih metala (olovo, kadmij, željezo, bakar i cink) u razdoblju listopad 1996.- rujan 1997. u okolini brodogradilišta "Viktor Lenac".

Materijali i metode

Uzorkovanje lebdećih čestica vršeno je na lokaciji Vrh Martinšćice I (postaja 4), neposredno iznad brodogradilišta "V. Lenac". Tijekom promatranog razdoblja sakupljeno je 100 dnevnih uzoraka lebdećih čestica, a iz 44 uzorka određen je sadržaj metala: olova, kadmija, željeza, bakra i cinka. Uzorci lebdećih čestica sakupljeni su na filterima sa staklenim vlaknima pomoću uređaja za uzorkovanje velikih

volumena zraka. Težina sakupljenih lebdećih čestica određena je gravimetrijski (3). Za određivanje sadržaja metala filteri su ekstrahirani smjesom HCl i HNO_3 . Kiseli ekstrakt analiziran je na sadržaj metala atomskom apsorpcijskom spektrometrijom (4).

Za procjenu opterećenja taložnim tvarima izvršeno je sakupljanje uzoraka na 6 lokacija oko brodogradilišta: 1. Plumbum, 2. Zavoj Martinšćica, 3. Bunari, 4. Vrh Martinšćice I, 5. Vrh Martinšćice II te 6. Uvala Žurkovo. Položaj mjernih postaja prikazan je na slici 1. Na svakoj postaji sakupljeno je po 12 mjesečnih uzoraka taložne tvari, osim na Plumbumu gdje je jedan uzorak uništen te na postaji Vrh Martinšćice II gdje je uzorak izuzet iz obrade zbog kontaminacije. Uzorci taložne tvari sakupljeni su u uređaju prema njemačkim standardima (5). Sadržaj metala određen je atomskom apsorpcijskom spektrometrijom nakon otapanja pepela u 25% HCl .



Slika 1: Položaj mjernih postaja za praćenje kakvoće zraka oko brodogradilišta "Viktor Lenac": 1. Plumbum, 2. Zavoj Martinšćica, 3. Bunari, 4. Vrh Martinšćice I, 5. Vrh Martinšćice II te 6. Uvala Žurkovo.

Rezultati i diskusija

Brodogradilište "Viktor Lenac" smješteno je na istočnom izlazu grada Rijeke, u uvali Martinšćica, te na dijelu obale do uvale Žurkovo. Kopnena granica proteže se magistralnom cestom Rijeka-Split. Najbliže stambeno naselje nalazi se na svega tridesetak metara od brodogradilišta. Izvori onečišćenja u brodogradilištu

nalaze se ispod razine okolnog prostora što je vrlo nepovoljno s obzirom na širenje onečišćenja. Od ostalih izvora onečišćenja česticama i metalima na području uvale Martinšćica značajan udio ima promet. Uz intenzitet prometa od 5000 vozila dnevno, te dužinu prometnice oko uvale od 1.5 km, procijenjena je emisija olova od 160 kg/god. S druge strane, ukupna procijenjena emisija olova iz brodogradilišta iznosi oko 272 kg/god. (6).

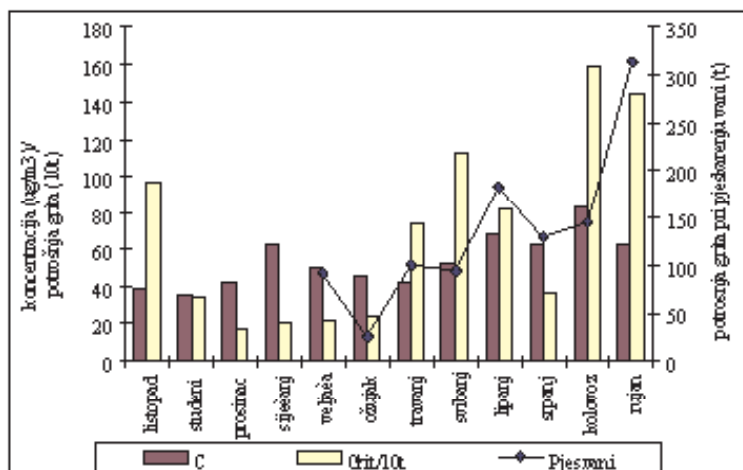
Lebdeće čestice

U tablici 1 navedeni su rezultati ispitivanja lebdećih čestica i metala u blizini brodogradilišta "Viktor Lenac", a za usporedbu navedeni su i rezultati istovjetnih analiza na području centra grada Rijeke za isto razdoblje (7,8). Prosječna godišnja koncentracija lebdećih čestica na postaji Vrh Martinšćice ispod je preporučene vrijednosti kakvoće zraka ($PV = 75 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dok dobivena C_{98} vrijednost od $119 \mu\text{g}/\text{m}^3$ praktički dostiže PV_{98} od $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Srednje godišnje koncentracije olova i kadmija također su ispod preporučenih vrijednosti od 1, odnosno $0.010 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Iako je prosječna koncentracija lebdećih čestica za oko četvrtinu niža, koncentracije svih ispitivanih metala su više u okolini brodogradilišta u odnosu na centar grada. To se naročito odnosi na metale željezo, bakar i cink, koncentracije kojih su oko 3, 2.5 i 3.5 puta više u odnosu na centar grada. Ova tri metala tvore značajnu frakciju abraziva (9), ali i brodskih premaza, boje i rđe koji se skidaju s brodskih površina u toku pjeskarenja. Iako u manjoj mjeri, u okolini brodogradilišta povišene su i koncentracije olova (oko 20%) i kadmija (oko 25%).

Tablica 1. Prosječne (C), maksimalne dnevne (C_M) i C_{98} vrijednosti lebdećih čestica i metala

Razdoblje	N	C	C_M	C_{98}	N	C	C_M	C	C_M	Fe	C_M	C	C_M	C	C_M
Blizina brodogradilišta															
1996/97	54	1.1	1.1	1.1	44	0.23	0.97	1.1	2.13	1.87	7.05	1.1	2.12	0.31	1.1
U centru grada															
11-12/1997															
prosjek	37	60	1.1	1.3	0.29	0.97	1.1	7.05	3.14	7.05	1.1	2.07	0.35	1.1	1.1
bez pjeska	33	55	1.1	1.7	0.27	0.45	1.1	2.13	1.64	5.79	1.1	2.12	0.30	1.1	1.1
Rijeka															
1996/97	46	75	1.1	1.1	46	0.19	0.40	1.1	3.70	0.63	1.06	1.1	0.61	0.09	1.1

Od veljače 1997.god. dostupni su podaci o danima kada je vršeno pjeskarenje te o utrošenoj količini grita. Usporede li se prosječne koncentracije lebdećih čestica i metala u dane kada je vršeno pjeskarenje sa vrijednostima kada pjeskarenja nije bilo, vidljivo je da su koncentracije lebdećih čestica više za 9, a olova za 7% u dane kada je vršeno pjeskarenje. Sadržaj željeza u lebdećim česticama je prema istom kriteriju gotovo dvostruko viši (91%), dok je sadržaj cinka viši za 75%, a bakra za 33%. Jedino je sadržaj kadmija niži u dane pjeskarenja što ukazuje i na drugi izvor ovog metala u zraku.



Slika 2: Srednje mjesečne koncentracije lebdećih čestica, ukupna potrošnja grita po mjesecima, te potrošnja grita u dane uzorkovanja lebdećih čestica.

Na brodogradilište kao izvor lebdećih čestica i metala ukazuje i korelacija između prosječnih mjesečnih koncentracija ovih parametara te potrošnje grita u dane kad se vršilo pjeskarenje i uzorkovanje lebdećih čestica (razdoblje II-IX1997). Tako korelacija između potrošnje grita za vanjsko pjeskarenje te lebdećih čestica i olova iznosi $r=0.513$, odnosno $r=0.512$ i ukazuje na međusobnu povezanost promatranih parametara (slika 2). Korelacija je još bolja ako se uspoređi mjesečna potrošnja abraziva za vanjsko pjeskarenje s mjesečnim koncentracijama željeza ($r=0.815$), bakra ($r=0.760$) te cinka ($r=0.911$), dok korelacija s kadmijem nije statistički značajna. Korelacija između ukupne potrošnje abraziva po mjesecima tijekom čitave godine i promatranih parametara nije tako dobra, osim kod željeza ($r=0.859$) i bakra ($r=0.723$) koji su najzastupljeniji u lebdećim česticama.

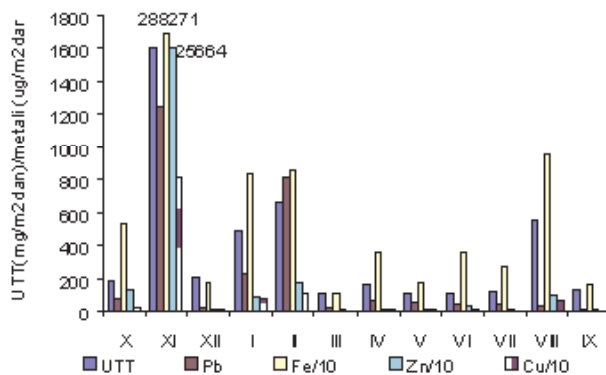
Taložna tvar

Sumarni rezultati određivanja taložne tvari i metala u okolini brodogradilišta "Viktor Lenac" prikazani su u tablici 2.

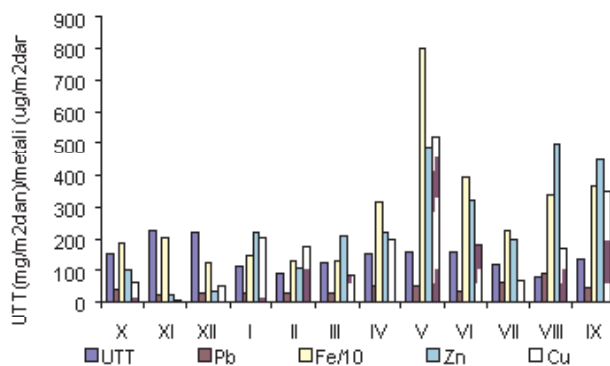
Tablica 2: Količina ukupne taložne tvari ($\text{mg}/\text{m}^2\text{dan}$) i metala ($\mu\text{g}/\text{m}^2\text{dan}$)

Parametar	N	C	C _{grit}	C _{Fe}	C _{Cu}	C _{Zn}	C _{Cd}	C _{Pb}
1 Plumbum	11	151	286	48	0.5	2592	99	206
2 Bakar	12	142	266	41	0.5	2791	172	239
3 Željezo	12	91	177	14	1.0	1249	51	105
4 Cink	12	369	1607	220	0.5	22011	937	2608
5 Kadmij	11	121	235	11	0.7	1215	42	112
6 Krom	12	131	209	27	0.5	1216	52	93

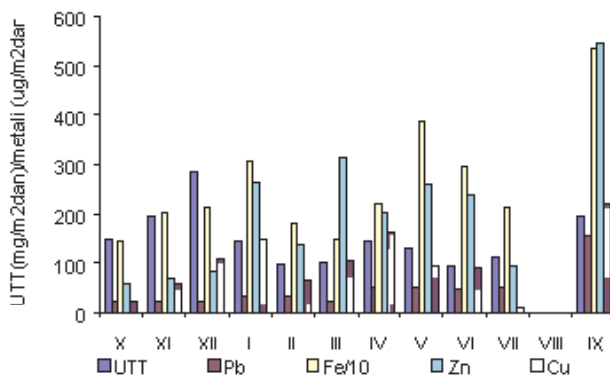
Vrh Martinšćice I



Zavoj Martinšćica



Plumbum



Slika 3. Kretanje ukupne taložne tvari i metala tijekom mjerne godine

Godišnja količina ukupne taložene tvari na postaji Vrh Martinšćice I viša je od granične vrijednosti od $350 \text{ mg/m}^2\text{dan}$, a na istoj je postaji u dva navrata tijekom mjerne godine (u studenom 1996. i veljači 1997) prekoračena i mjesečna granična vrijednost od $650 \text{ mg/m}^2\text{dan}$. Na istoj postaji godišnja količina istaloženog olova prelazi preporučenu vrijednost od $100 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$, a tu su evidentirane i maksimalne količine istaloženog željeza, bakra i cinka. Na ostalim postajama godišnje količine ukupne taložne tvari te istaloženih olova i kadmija zadovoljavaju preporučene vrijednosti. Iako su godišnje količine taložne tvari na razini vrijednosti što se evidentiraju na ostalim postajama Županije, povišen sadržaj željeza, bakra, cinka i olova registriran je također na postajama Plumbum i Zavoj Martinšćica.

Na slici 3 prikazano je kretanje mjesečnih količina ukupne taložne tvari i metala na tri postaje s najvišim sadržajem istaloženih metala: Vrh Martinšćice I, Zavoj Martinšćica i Plumbum. Kao što je vidljivo, ne postoji zajednički trend kretanja izmjerenih mjesečnih količina kako taložne tvari tako ni metala na tim postajama. Na postaji Vrh Martinšćice I ekstremno visoke količine taložne tvari ($1607 \text{ mg/m}^2\text{dan}$) te metala (Fe: $288271 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$, Zn: $25564 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$, Cu: $8105 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$ te Pb: $1248 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$) dobivene su u studenom 1996.god, kada su i na ostale dvije postaje evidentirane povišene količine ukupne taložne tvari, ali količine metala su relativno niske. Na postaji Plumbum najviše količine svih metala dobivene su u rujnu 1997.god. (Fe: $5323 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$, Zn: $544 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$, Cu: $219 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$ te Pb: $156 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$), dok su u tom mjesecu na Vrh Martinšćice I izmjerene vrijednosti metala niske, a na Zavoju Martinšćica izmjerene su povišene koncentracije željeza, bakra i cinka. Izrazito povišenje željeza, bakra i cinka ($8008 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$, $484 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$, odnosno $519 \mu\text{g/m}^2\text{dan}$) u svibnju na zavoju Martinšćica dijelom prati povišenje željeza i cinka, ali ne i bakra na postaji Plumbum, dok su u istom mjesecu na Vrh Martinšćice I evidentirane niske vrijednosti tih metala.

Zaključak

Povišene koncentracije lebdećih čestica i metala posljedica su radova antikorozivne zaštite u brodogradilištu, što potvrđuju i korelacije između mjesečne potrošnje grita i promatranih parametara. Povremeno povišenje sadržaja taložne tvari i metala oko radne zone brodogradilišta ovisi o lokaciji vršenja radova te o meteorološkim prilikama unutar zaljeva Martinšćica.

Literatura

1. Miller D.L., Byrd Y.E. and Perona M.J.: Source of Pb, Cu and Zn in fogwater, Water, Air Soil Pollut. 32(1987), 329-340.
2. Conroy L.M., Menezes R.M. and Sullivan P.M.: Lead, chromium and cadmium emission factors during abrasive blasting operations by bridge painters, Am. Ind.Hyg. Assoc 56 (1995), 226-271.

3. Selected Methods of Measuring Air Pollutants, WHO Offset Publication No24, Geneva, 1976
4. Van Loon J.C.: Selected Methods of Trace Analysis: Biological and Environmental Samples, John Wiley&Sons, New York, 1985.
5. Određivanje taložne tvari, Smjernica SDČVJ 201 (Prijedlog), Sarajevo, 1987.
6. Studija utjecaja na okoliš brodogradilišta "Viktor Lenac", Urbanistički institut Hrvatske, Zagreb/Rijeka, 1993.
7. Izvještaj o praćenju onečišćenja zraka na području Županije primorsko-goranske, Izvještaj za razdoblje 01.01.-31.12.1996., Zavod za javno zdravstvo, Rijeka, ožujak 1997.
8. Izvještaj o praćenju onečišćenja zraka na području Županije primorsko-goranske, Izvještaj za razdoblje 01.01.-31.12.1997., Zavod za javno zdravstvo, Rijeka, ožujak 1998.
9. Preliminarna ispitivanja utjecaja brodogradilišta "Viktor Lenac" u Martinšćici na okoliš, Zavod za zaštitu zdravlja, Rijeka, prosinac 1992.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Špirić, Z.¹, Lukić, M.¹, Vađunec, J.¹, Jaković, L.¹

Mjerenje koncentracija žive u zraku na plinskom polju Molve

Sažetak: Na osnovu rezultata istraživanja i praćenja stanja okoliša plinskog polja Molve za potrebe utvrđivanja nultog stanja (1987. i 1990/1991.), rezultata istraživanja ponovljenih 1994., kao i rezultata istraživanja eko-sustava provedenih tijekom 1995/96. godine, te na temelju zakona i propisa iz zaštite okoliša u RH, definirani su ciljevi, obim, dinamika i potrebna sredstva za provedbu Programa ekološkog monitoringa na području CPS Molve u 1999.

Pored nadzora žive u tehnološkom postrojenju, tj. mjerenja sadržaja žive u prirodnom plinu, radi potrebe uvida u sigurnost i djelotvornost provedbe procesa, kao dio ekološkog monitoringa, utvrđen je i program praćenja stanja kakvoće zraka, pa i mjerenje imisije žive. Taj dio istraživanja provode stručnjaci INA-Naftaplina vlastitom opremom na 5 mjernih postaja. U ovome radu prikazani su rezultati mjerenja koncentracija žive u zraku plinskog polja Molve.

Ambient Air Mercury Measurement at Molve Gas Field

Summary: Along with supervision of mercury behavior within the process plant, involving mercury content metering in natural gas, in order to obtain insight into obtained safety and efficiency of mercury removal process, a program has been developed to monitor the status of air quality, i.e. to measure the mercury imission amount.

INA-Naftaplin's experts are handling this segment of research using their own equipment at five different measuring points situated across Molve gas field. This paper represents results of ambient air mercury concentration measurement in the area of Molve gas field.

INA-Naftaplin's experts are performing for many years the mercury content measurement within the process system itself, but also in the GTP Molve ambient air and on several measuring and control points.

This research is based on utilization of PSA's Sir Galahad instrument, designed based on principles of atomic fluorescence spectrometry (10).

With participation of many institutions and experts from home (Institute for medical research, Institute for public health, University of Zagreb and others) and abroad (Calgon Carbon Corp., IVL, GKSS-Galab, Institut Jožef Stefan), the comparative in-situ research and measurements of mercury present in eco-systems at Molve gas field have been carried out.

¹ Zdravko Špirić, Mirko Lukić, Josip Vađunec, Lidija Jaković, INA-Industrija nafte d.d. Naftaplin, Zagreb

Extraordinary results and experiences have been gathered in cooperation with Institute Jožef Štefan from Slovenia and they helped in establishment and implementation of the bio-monitoring program involving the utilization of lichen (11).

This paper presents the ambient air mercury measurement results at GTP Molve collected in the term 1995 – 1999 (Table 1) and results of mercury measurement at measuring points situated at the gas wells Mol-9, -10, -11 and -12 (Table 2).

Measurement results represent a confirmation of the fact that the unit for mercury extraction from natural gas does achieve efficient removal of mercury, preventing therewith its introduction into environment.

Figures 1 – 5 present the measurement results obtained in the year 1999 for GTP Molve and for the measuring points.

During the research period, higher than normal values were evidenced at the measuring points and at GTP Molve, deviating from normal values for background mercury pollution in Republic of Croatia (determined during implementation of mercury research in environmental, technologic and geological systems of Croatian Republic), but significantly below the MTV for working environment (50 microgram/m³).

Moreover, only the extreme values, usually also the highest measured rates for the gas treatment plant and for some of the measuring points, are quite seldom above recommended values (10 nanogram/m³).

Uvod

Prirodni plin polja Molve, pored drugih štetnih tvari (CO₂, H₂S, RSH) sadrži i živu (1).

Poznato je i potvrđeno na temelju brojnih primjera iz prakse da živa zbog svojih značajki, čak i u minimalnim količinama ima vrlo štetan utjecaj na biljni i životinjski svijet (2,3). Isto tako, živom uzrokovana korozija u mnogim tehnološkim sustavima uzrokuje brojne probleme i ozbiljno ugrožava procesnu opremu (4).

Zbog osiguranja sigurnog rada postrojenja, osiguranja kvalitete prodajnog plina i potpune zaštite okoliša, nužan je odgovarajući tehnološki koncept koji bi osigurao ispunjavanje složenih zahtjeva sigurnog i učinkovitog uklanjanja žive iz prirodnog plina. Uvažavajući ekološki, tehnološki i gospodarski problem prisutnosti žive u prirodnom plinu, INA-Naftaplin je, prihativši najbolja svjetska iskustva i dostupna rješenja, usvojio (primijenio i ugradio) te razvio vrlo opsežan tehničko-tehnološki pristup kontrole žive u procesu oplemenjivanja prirodnog plina. Program obuhvaća pouzdanu i učinkovitu tehnologiju i postrojenje za uklanjanje žive iz prirodnog plina, te sigurno i točno mjerenje koncentracija žive u okolišu te radnom i prostoru koji je u neposrednom okruženju postrojenja.

Ovim tehnološkim postupkom i ujedno značajnim ekološkim postignućem stručnjaci INA-Naftaplina odgovorili su na golemi izazov u naftnom gospodarstvu, te osigurali proizvodnju prirodnog plina kao čistog, ekološki prihvatljivog energenta budućnosti i važne sirovine za cijeli niz petrokemijskih proizvoda. Rezultati istraživanja pokazuju da se poslije ugradnje adsorbera za uklanjanje žive, uz povećanje proizvodnje plina od oko 20% sadržaj žive

u zraku smanjio u odnosu na nulto stanje (utvrđeno 1990/91.) za 87,1-92,9% (Sumarno izvješće o utvrđivanju stanja ekosistema na lokalitetu plinskog polja Molve, listopad 1998.)

Zakonska ograničenja, ali prije svega cjelovit i kvalitetan nadzor, kao i djelotvorni tehnološki procesi izdvajanja i trajnog zbrinjavanja, mogu biti značajni činitelji smanjenja onečišćenja i oštećenja okoliša i tehnoloških sustava živom. To predstavlja veliki izazov za razvoj i implementaciju separacijskih procesa visoke učinkovitosti (5). Istodobno, to je dodatni izazov i za suvremenu analitičku kemiju, jer granica detekcije mora biti sve niža i mjerenja sve preciznija (6,7). U svijetu se ulažu veliki naponi i značajna sredstva u dizajniranje i osiguranje kako djelotvornih tehnoloških procesa za uklanjanje žive, tako i preciznih analitičkih instrumenata, metoda i tehnika za pouzdanu detekciju i točno određivanje žive (8,9).

Na plinskim poljima Podravine provode se i stalna mjerenja i utvrđuje utjecaj postrojenja na radni i životni okoliš. U tu je svrhu INA-Naftaplina u dva navrata (prije i poslije izgradnje novog postrojenja CPS Molve III) osigurao izradu studija i provedbu jednogodišnjeg mjerenja stanja okoliša u razdoblju 1990/91. odnosno 1995/96., uz koordinaciju Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada iz Zagreba (IMI) i uz sudjelovanje brojnih drugih odgovornih i ovlaštenih ustanova RH. U zaključcima Sumarnog izvješća o utvrđivanju stanja ekosistema na lokalitetu plinskog polja Molve, utvrđeno je da su ciljanim kratkotrajnim mjerenjima žive u zraku (provedenim tijekom 1997.) izmjerene vrijednosti koncentracija žive koje nisu prelazile preporučenu graničnu vrijednost.

Rezultati

Stručnjaci INA-Naftaplina već cijeli niz godina sustavno provode mjerenja sadržaja žive unutar tehnološkog sustava, ali i u zraku CPS Molve, kao i na nekoliko kontrolnih mjernih postaja. Za ta istraživanja koristi se suvremeni instrument PSA Sir Galahad koji se temelji na principu atomske fluorescentne spektrometrije (10).

Uz sudjelovanje brojnih domaćih (IMI, Institut za javno zdravstvo, fakulteti Zagrebačkog Sveučilišta i dr.) i stranih (Calgon Carbon Corp., IVL, GKSS-Galab, Institut Jozef Stefan) ustanova i stručnjaka, provedena su tijekom proteklih nekoliko godina usporedna terenska ispitivanja i mjerenja žive u ekološkim sustavima plinskog polja Molve različitim mjernim tehnikama. Posebno valja istaći vrijedne rezultate i iskustva ostvarena u suradnji sa Institutom Jozef Stefan iz Slovenije na uspostavljanju i provedbi biomonitoringa uz uporabu lišajeva (11).

U ovome radu su prikazani rezultati mjerenja žive u zraku na CPS Molve od 1995-1999 (Tablica 1), te rezultati mjerenja žive na mjernim postajama Molve 9, Molve 10, Molve 11 i Molve 12 tijekom 1999. (Tablica 2), a na slikama 1-5 prikazani su pojedinačni rezultati mjerenja u 1999. za CPS Molve i kontrolne mjerne postaje.

Tablica 1. Rezultati mjerenja žive u zraku CPS Molve

POSREDOVANJE	1995.	1996.	1997.	1998.
BROJ MJERENJA	2	60	20	4
MINIMALNA VRIJEDNOST				
ngHg/m ³	7	1	1	1
MAXIMALNA VRIJEDNOST				
ngHg/m ³	11	27	17	8
SREDNJA VRIJEDNOST				
ngHg/m ³	9	11	7,3	4,2

Tablica 2. Rezultati mjerenja žive u zraku na mjernim postajama tijekom 1999.

POSREDOVANJE	MOL-9	MOL-10	MOL-11	MOL-12	Mo ha
BROJ MJERENJA	31	31	30	31	10
BROJ MJERENJA CPS	NE	0	W	0E	
UDALJENOST OD CPS					
metra	525	1000	825	1575	-
MINIMALNA VRIJEDNOST					
ngHg/m ³	1	1	1	1	1
MAXIMALNA VRIJEDNOST					
ngHg/m ³	10	4	4	10	20
SREDNJA VRIJEDNOST					
ngHg/m ³	3,3	3,4	3,4	4,2	4,4

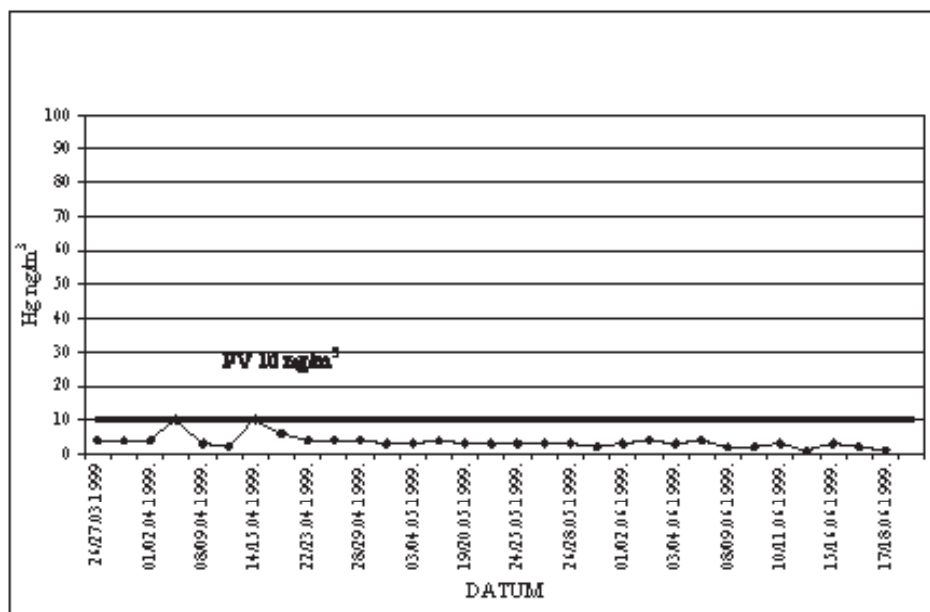
Zaključak

Rezultati mjerenja potvrđuju da je pouzdanim radom jedinice za uklanjanje žive iz prirodnog plina osigurano učinkovito uklanjanje žive i spriječeno njeno unošenje u okoliš.

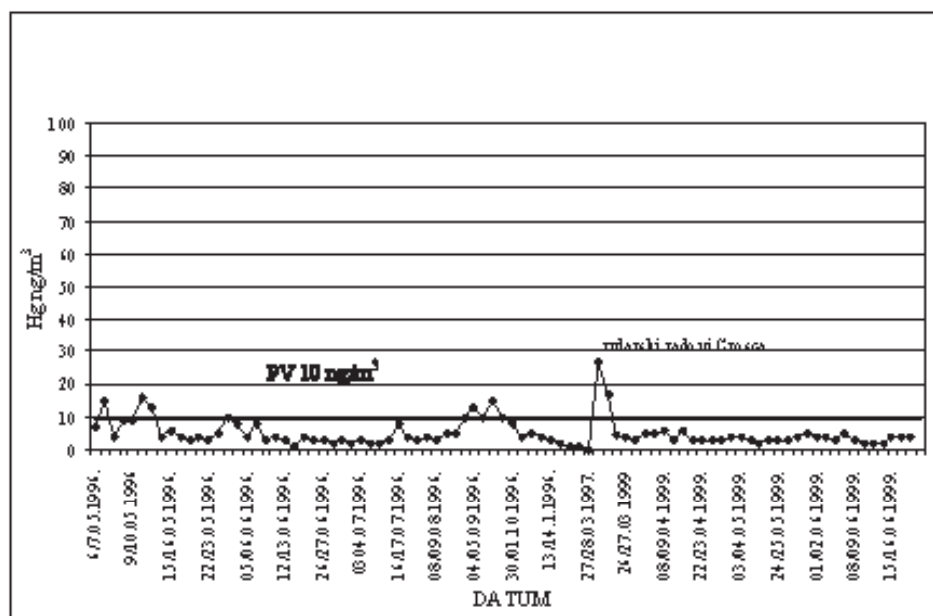
Tijekom razdoblja istraživanja, na kontrolnim mjernim postajama i na CPS su izmjerene povišene razine žive u odnosu na prirodno pozadinsko onečišćenja živom u RH (utvrđeno tijekom provedbe istraživanja žive u ekološkim, tehnološkim i geološkim sustavima RH), ali sve su vrijednosti ispod MDK za radnu okolinu (50 mikrograma/m³).

Izmjerene vrijednosti su i znatno ispod 1 mikrograma/m³, što je prema smjernicama Svjetske zdravstvene organizacije za granične vrijednosti kakvoće zraka srednja godišnja vrijednost za vanjsku atmosferu.

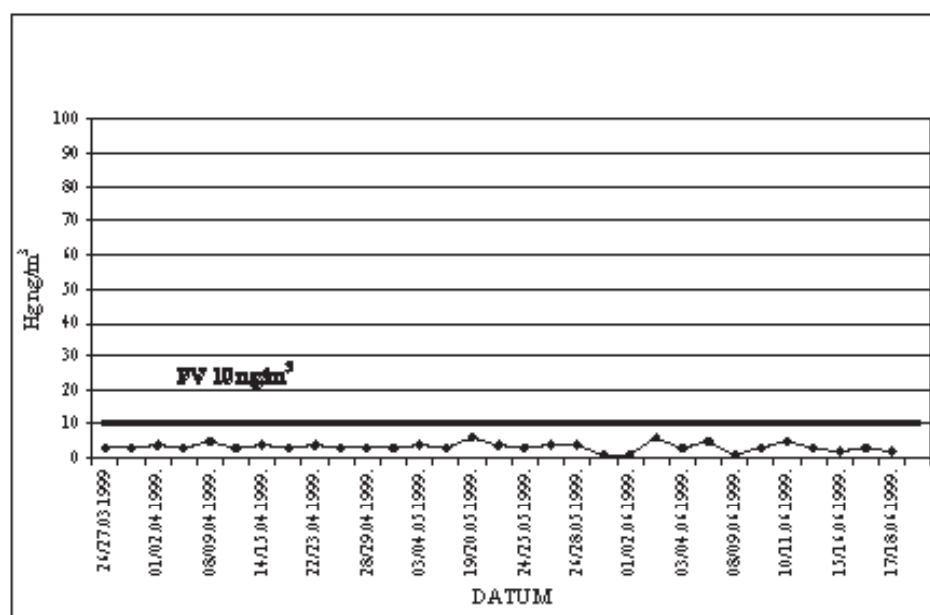
Štoviše, samo su ekstremi, u pravilu maksimalne izmjerene vrijednosti za CPS Molve i za neke kontrolne mjerne postaje, vrlo rijetko iznad 10 nanograma/m³, što je prema Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima u Republici Hrvatskoj preporučena granična vrijednost za vanjsku atmosferu.



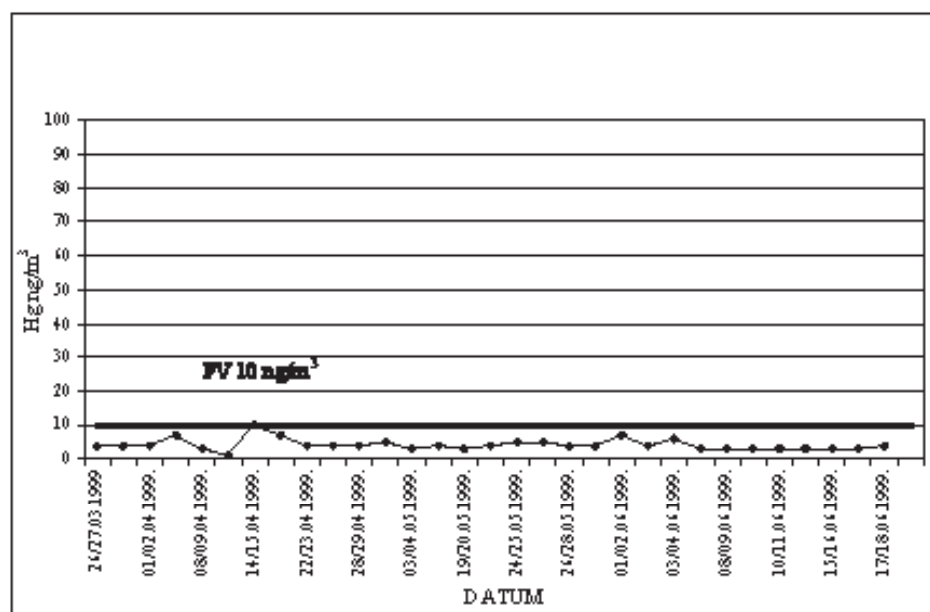
Slika 1. Sadržaj žive u zraku na mjernoj postaji MOL-9



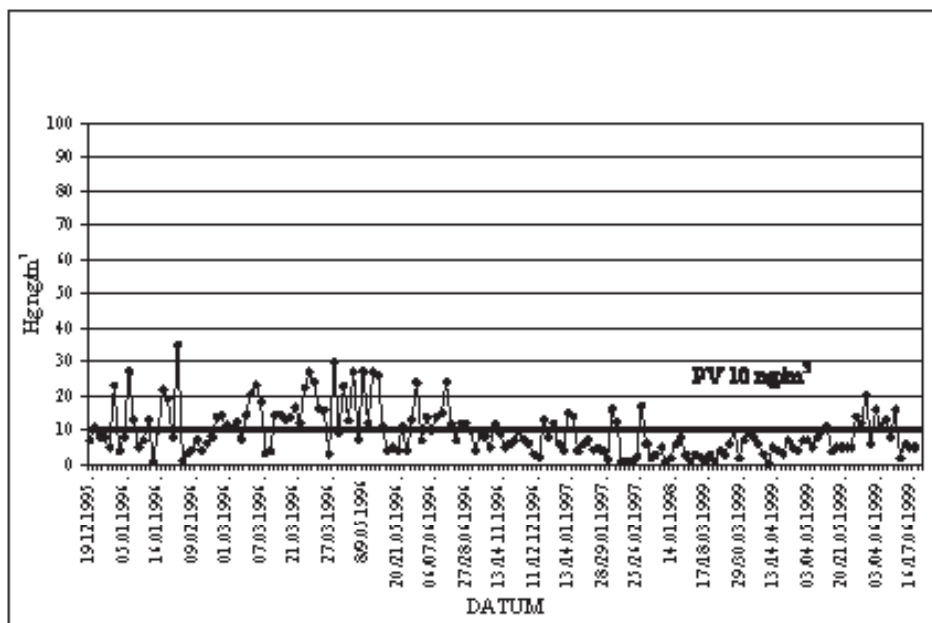
Slika 2. Sadržaj žive u zraku na mjernoj postaji MOL-10



Slika 3. Sadržaj žive u zraku na mjernoj postaji MOL-11



Slika 4. Sadržaj žive u zraku na mjernoj postaji MOL-12



Slika 5. Sadržaj žive u zraku na CPS Molve

Literatura

1. Z. Špirić, M. Dragaš, J. Vadunec, N.R. Mashyanov, V.V. Ryzhov, S.E. Pogarev, N.A. Ozerova and S.E. Sholupov: Investigation of mercury content in Podravina gas fields and environment, 6th International Petroleum Environmental Conference November 16-19, 1999, Houston
2. J.F. Walsh, M.T. Bosko and J.M. Gresko: User's Manual for HgSCREEN TM: A Risk-Based Screening Model for Mercury-Contaminated Sites, Version 2.0. GRI-94/0110. Gas Research Institute, Chicago 1994.
3. D.B. Porcella: The atmospheric mercury pollution, in Proceedings 1995 Canadian Mercury Network Workshop, Environment Canada, Ecological Monitoring Co-ordinating Office, Ottawa, Ont. K1A 0H3. Report 6 (1996) 17-21.
4. G.S. Workman, G.A. Rachel and S.S. Gunseli: Criteria Pollutant Emissions from Internal Combustion Engines in the Natural Gas Industry, Technical Report. GRI-95/0270.1 and EPA-600/R-96-020a. Gas Research Institute. Chicago, Illinois 1996.
5. Z. Špirić and M. Hraste: Mercury saturation profile across the sulfur impregnated activated carbon bed In Ebinghaus, R., Turner, R.R. Lacerda, D., Vasiliev, O., Salomons, W. (eds): Mercury Contaminated Sites: Characterization, Risk Assessment and Remediation, Springer Environmental Science, Springer Verlag Heidelberg, 1998. 409-417

- 6.N.S. Bloom., E.M. Prestbo, B. Hall and E.J. Von der Geest: Determination of atmospheric Hg by collection on iodated carbon, acid digestion and CVAFS detection, *Water, Air and Soil Pollution* 80 (1995) 1315-1318.
- 7.M. Muchlis: Analytical methods for determining small quantities of mercury in natural gas, *Proc. Annual Convention of the Indonesian Petroleum Assn.*, Jakarta 1981, 401-421.
- 8.Z. Špirić, N.R. Mashyanov, V.V. Ryzhov and S.E. Pogarev: Određivanje niskih koncentracija žive u zraku prijenosnim živinim spektrofotometrom PA-915, *Prvi hrvatski znanstveno-stručni skup*, Crikvenica 1997, 521-526.
- 9.J.S. Thompson and D.J. Hassett: *Selected Laboratory Studies on Mercury*, GRI-95/0002. Gas Research Institute, Chicago, 1995.
10. Z. Špirić and P.B. Stockwell: Ambient Air Mercury measurements during Natural Gas Production, *American Environmental Laboratory* Vol. 10, No. 5., (1998) 16-20
11. M. Horvat, Z. Jeran, R. Jaćimović, A. Prosenc and Z. Špirić: Biomonitoring of mercury and other elements using lichens, 5-th International Conference Mercury as a global Pollutant, May 23-27, 1999, Rio de Janeiro



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Franić, Z.¹, Marović, G.¹, Senčar, J.¹

Mjerenje radioaktivnosti zraka u akutnoj fazi nuklearne nesreće

Sažetak: U slučaju teške nesreće nuklearnog reaktora (primjerice topljenje jezgre) koja rezultira ispuštanjem radioaktivnog materijala u okoliš, potrebno je u što kraćem roku donijeti odluke o provođenju mjera zaštite kao što su sklanjanje u skloništa, davanje tableta stabilnog joda, ograničavanje uporabe vode i hrane i evakuacija. Količina ispuštenog radioaktivnog materijala ovisi o značajkama, vrsti i težini kvara, dizajnu nuklearne elektrane, te o hlapljivosti fizijskih produkata nastalih tijekom rada reaktora. Tijekom akutne faze nuklearne nesreće vrlo brzo dolazi do kontaminacije zraka radioaktivnim izotopima plemenitih plinova, joda i cezija. Za procjenu stanja i provedbu optimalnih mjera zaštite potrebno je stoga što brže prikupiti podatke o radiološkoj situaciji. Takvi se podaci prikupljaju pomoću telemetrijske mreže kontinuiranih mjerača vanjskog zračenja, te mjerenjima koja provode pokretni radiološki timovi. Zadaci pokretnih timova u akutnoj fazi nuklearne nesreće, odnosno za vrijeme prolaska radioaktivnog oblaka (perjanice), jesu locirati radioaktivni oblak, procijeniti veličinu i pravac rasprostiranja, te eventualno kvalitativno odrediti njegov sastav. Detaljne procjene stanja radioaktivne kontaminacije kao i sakupljanje uzoraka provode se u kasnijoj fazi, odnosno nakon prolaska radioaktivnog oblaka.

Radioactivity measurements in the acute phase of nuclear accident

Summary: A severe accident of a nuclear reactor resulting in the release of radioactive material into the environment requires immediate response involving implementation of urgent protective measures, such as evacuation, sheltering, iodine prophylaxis, and restricted use of drinking water and food. Source terms will vary with individual plant design aspects, but generally the released fission products will behave according to their volatility, the noble gases being the most volatile, followed by iodine and caesium. Shortly after the release into the environment, iodine is usually most important radionuclide, as 20-30% of the iodine core inventory is released. The assessment of a radiological situa-

¹ Zdenko Franić, Gordana Marović i Jasminka Senčar, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

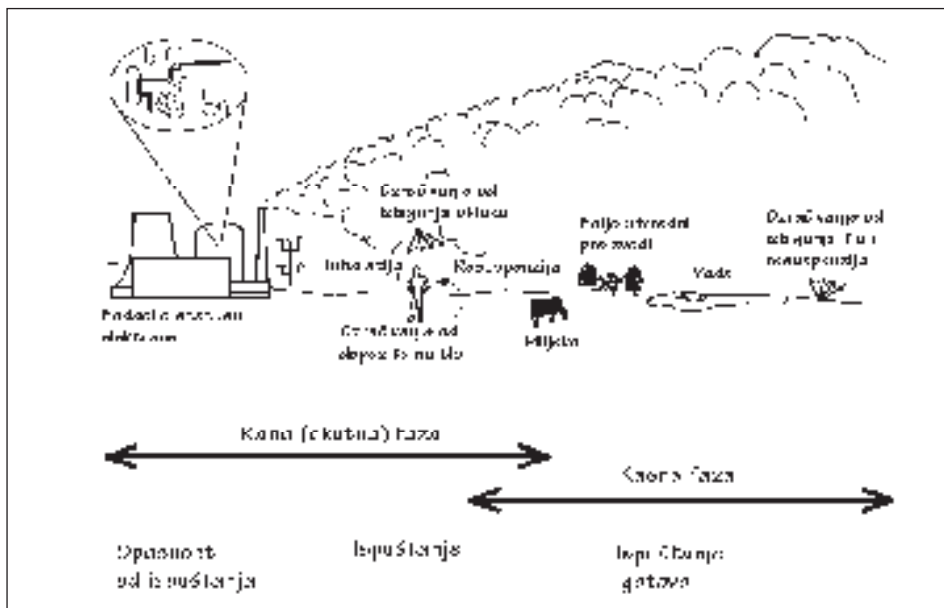
tion in the field (Figure 1) and finding the optimum use of protective measures, require immediate collection of data on an external dose rate. These are collected through a telemetric network of monitoring stations capable of transferring data in real time as well as by mobile environmental units.

A typical mobile unit should consist of a personal car manned by two persons. Crews can consist of previously well trained technicians from specialized institutions, fire brigades or civil defense units. The primary function of such units in the acute phase of a nuclear accident is to locate the plume and assess its magnitude and direction. Such data can be very easily obtained by open-window vs. closed window surveys with the dose rate meters. If the open-window reading is higher than the closed window reading, the conclusion is that the team is in the plume. If the readings are the same, the team is not in the plume, i.e., the plume is above them or they are significantly off the plume centerline.

Dose-rate measurements with open vs. a closed-window near the ground and 1m above the ground (waist) would give even more detail (Figure 2). Qualitative determination of the plume content should be performed only if possible. More detailed assessment of a radiological situation should take place in the late phase of the nuclear accident, i.e., when the radioactive plume has passed. In that phase of the nuclear accident, in-situ gamma spectrometry plays a significant role, contrary to the acute phase.

Uvod

Radioaktivni materijal ispušten u atmosferu udaljuje se od izvora niz vjetar u obliku tzv. radioaktivnog oblaka (perjanice), rasprostranjujući se zrakom djelovanjem prirodnih mehanizama atmosferskog miješanja. Daljnja sudbina i ponašanje tog radioaktivnog oblaka određeni su dinamičkim uvjetima atmosfere, topografskim karakteristikama terena, te fizičko-kemijskim svojstvima ispuštenih radioaktivnih elemenata. U slučaju teške nesreće nuklearnog reaktora količina i sastav radioaktivnog materijala ispuštenog u atmosferu (tzv. *Source Term*) ovise o načinu izvedbe nuklearne elektrane. Općenito, količina fisijskih produkata u radioaktivnom oblaku proporcionalna je hlapljivosti pojedinih radionuklida. Najhlapljiviji su plemeniti plinovi, jod te potom cezij. U ranoj, odnosno akutnoj fazi nuklearne nesreće radionuklidi čija je koncentracija u radioaktivnom oblaku najveća jesu radioaktivni izotopi joda, posebice ^{131}I , budući se u atmosferu oslobodi 20-30% ukupne količine joda sadržanog u nukleranom reaktoru. ^{131}I srećom ima vrijeme poluraspada od svega 8 dana, te relativno brzo nestaje iz atmosfere. U akutnoj fazi nesreće najopasniji putevi ozračivanja jesu neposredno izlaganje radioaktivnom oblaku, inhalacija, te ozračivanje radioaktivnim materijalom koji se iz oblaka istaložio na tlo (slika 1). Posljedično, u toj fazi nuklearne nesreće potrebno je što brže prikupiti podatke o položaju te smjeru rasprostiranja radioaktivnog oblaka. Takvi podaci prikupljaju se uz pomoć mreže radioloških monitora za rano upozoravanje na povišene razine ionizirajućeg zračenja. (1,2), te uz pomoć pokretnih timova (3,4,5).



Slika 1. Putevi ozračivanja tijekom nuklearne nesreće

Potencijalni uzroci kriznih stanja

Iako se općenito smatra da je nuklearna elektrana Krško (NEK) glavni potencijalni uzrok kriznih stanja u Republici Hrvatskoj vezanih uz nuklearnu sigurnost, u potencijalne uzroke kriznih stanja (6) valja ubrojiti i:

- Nuklearnu elektranu Paks u Mađarskoj, s četiri VVER-440 nuklearna reaktora, oko 80 km udaljenu od hrvatske granice,
- Nesreće prilikom transporta radioaktivnih, otvorenih ili zatvorenih, izvora,
- Nesreće uzrokovane oštećenim ili izgubljenim radioaktivnim izvorima, uključujući i radioaktivne gromobrane.

Bez obzira na razinu složenosti situacije proistekle iz svakog od gore navedenih potencijalnih uzroka kriznih stanja, uključivši i NEK, valja naglasiti da je djelatnost pokretnih timova ponekad jedini način prikupljanja brzih i pouzdanih podataka. (3, 4, 5).

Postupanje u akutnoj fazi nuklearne nesreće

Zadaća pokretnih timova u akutnoj fazi nuklearne nesreće, tj. za vrijeme prolaska radioaktivnog oblaka, jest locirati radioaktivni oblak, procijeniti veličinu i pravac njegovog rasprostiranja, te eventualno kvalitativno odrediti njegov sastav. Kako je zbog zaštite osoblja, kao i glede pokrivanja što većeg broja mjernih točaka, na takva mjerenja potrebno utrošiti minimum vremena, u akutnoj fazi nuklearne

nesreće potrebno je načiniti samo najnužnija mjerenja. Preporuka Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) jest da se mjerenja izvode na unaprijed zadanim točkama (7) na kojima su postavljeni i termoluminiscentni dozimetri (TLD). Ti se dozimetri u slučaju nesreće prikupljaju i odnose na obradu u Centralni laboratorij. Ostali uzorci (zraka, tla, ili vode) se uzimaju samo u iznimnim slučajevima, što se odnosi i na kvalitativnu analizu sadržaja radioaktivnog oblaka *in-situ* gamaspakometrijskim mjerenjima. Informacije o smjeru širenja radioaktivnog oblaka, odnosno o dosezima kontaminacije kao i o depoziciji radionuklida na tlo mogu se vrlo jednostavno dobiti dozimetrijskim mjerenjima uz pomoć otvorenog i zatvorenog prozora na sondi GM detektora. Naime, samo otkrivanje i registriranje povećanog osnovnog zračenja na nekoj lokaciji nije dovoljno za jednoznačan zaključak o karakteru zračenja. Krajnje pojednostavljeno, izvori zračenja mogu biti:

- a) prolazeći radioaktivni oblak iz kojeg se može, ali i ne mora taložiti radioaktivni materijal,
 - b) istaloženi radioaktivni materijal koji je kontaminirao promatranu lokaciju.
- Radioaktivni oblak zrači α , β i γ zrake. Kako α zrake imaju domet u zraku od svega nekoliko centimetara to se pri brzim procjenama radiološkog stanja ne uzimaju u obzir. β zrake imaju domet u zraku nekoliko metara, te ih zatvoreni prozor GM detektora zaustavlja. Na temelju navedenih svojstava, pomoću mjerenja GM detektorom u visini struka i pri tlu, uz kombinaciju otvorenih i zatvorenih prozora na sondi, mogu se brzo i jednostavno izvesti zaključci o tome nalazi li se radioaktivni oblak pri tlu, visoko iznad tla, ili je već prošao (Slika 2). Primjerice, ukoliko su vrijednosti koje detektor pokazuje s otvorenim prozorom sonde pri tlu i u visini struka približno jednake, radioaktivni oblak je ili visoko iznad tla ili je mjerna lokacija značajno udaljena od pravca kretanja radioaktivnog oblaka. Iako je stvarna situacija daleko kompleksnija, ovakvom jednostavnom kontrolom zračenja uz pomoć GM detektora može se brzo i kvalitetno procijeniti radiološka situacija. Preduvjeti jesu dobre komunikacijske veze i razrađeni komunikacijski protokoli pokretnih timova s Tehničkim potpornim centrom (TPC) i centralnim laboratorijem kao i dobre "navigacijske sposobnosti" pokretnih timova (poznavanje terena i mjernih lokacija, osposobljenost za rad sa sustavom za globalno pozicioniranje). Preporuke za intervencijske nivoe kod kojih se provode hitne mjere zaštite od zračenja (sklanjanje, profilaksa pilulama stabilnog joda, evakuacija) detaljno su raspravljene u publikaciji Međunarodne agencije za atomsku energiju *Basic Safety Standards* (8). Probleme vezane uz djelatnost pokretnih jedinica raspravio je pak Widner (9).

Kasnije faze nuklearne nesreće

U kasnijim fazama nuklearne nesreće, odnosno nakon što je radioaktivni oblak prošao, prikupljaju se uzorci (npr. zraka, vode, hrane itd.) i provode terenska mjerenja glede detaljne procjene stanje radioaktivne kontaminacije. Za razliku od akutne faze, u ovoj fazi nuklearne nesreće značajnu ulogu imaju *in-situ* gamas-

paktrometrijska mjerenja radioaktivnosti. Na osnovu dobivenih podataka, donose se mjere (privremenog ili stalnog) izmještanja stanovništva, restrikcije uporabe poljoprivrednih proizvoda te dekontaminacije terena i materijalnih dobara. U ovoj fazi zrak može sadržavati rezidualnu radioaktivnost, kao i radioaktivne čestice koje u atmosferu dolaze resuspenzijom s tla.

U radioaktivnom oblaku

$$W_o > W_c > \text{BKG}$$

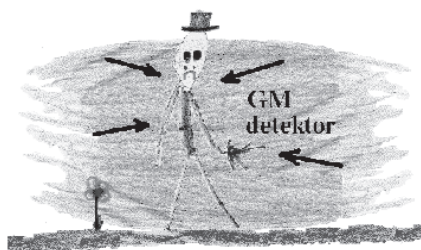
Očitavanja

$$G_o: \beta + \gamma$$

$$G_c: \gamma$$

$$W_o: \beta + \gamma$$

$$W_c: \gamma$$



Ispod radioaktivnog oblaka

$$G_o = W_o > \text{BKG}$$

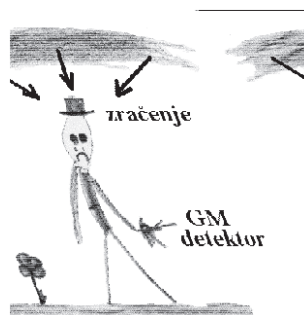
Očitavanja

$$G_o: \gamma$$

$$G_c: \gamma$$

$$W_o: \gamma$$

$$W_c: \gamma$$



Radioaktivni oblak prošao

$$G_o > W_o > \text{BKG}$$

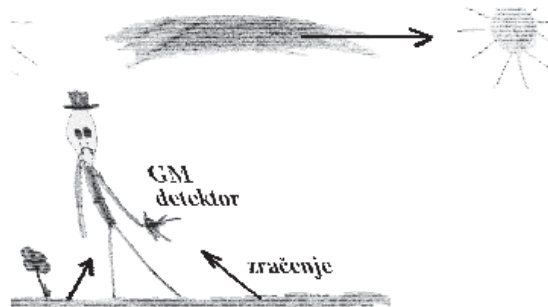
Očitavanja

$$G_o: \beta + \gamma$$

$$G_c: \gamma$$

$$W_o: \gamma$$

$$W_c: \gamma$$



Legenda

BKG osnovno zračenje

G_o tlo, β prozor otvoren

G_c tlo, β prozor zatvoren

W_o visina struka, β prozor otvoren

W_c visina struka, β prozor zatvoren

Slika 2. Određivanja položaja radioaktivnog oblaka jednostavnim dozimetrijskim mjerenjima

Zaključne napomene

Pokretni radiološki timovi bitan su element sustava održavanja pripravnosti za krizna stanja prouzročena nuklearnom nesrećom. U akutnoj fazi nuklearne nesreće takvi timovi jednostavnim mjerenjima brzo i učinkovito pribavljaju podatke potrebne za procjenu radiološke situacije i donošenje odluka o mjerama zaštite. Valja naglasiti da su mnogi problemi koji prate organizaciju i uvježbavanje, odnosno općenito djelatnost pokretnih radioloških timova, gotovo univerzalni (9). Stoga se određena iskustva mogu steći proučavanjem prakse drugih takvih timova. Ipak, neki su problemi specifični za Hrvatsku (razdioba populacije, zemljopisne karakteristike itd.), te se postojeća hrvatska praksa mora prilagoditi tim specifičnostima.

Zahvala

Grafičko rješenje slike 2 načinila je Sunčana Franić (6 god), na čemu se najljepše zahvaljujemo.

Literatura

- 1.Lulić S. Monitoring sustav. Informativni seminar o zaštiti u slučaju nuklearne nesreće. *Ministarsvo gospodarstva, Odjel za nuklearnu sigurnost*: Zagreb 1998.
- 2.Lulić S. Prirodna doza zračenja na Puntijarki. 12. ožujak 1999. <<http://www.tel.hr/dhmz/pgr.html>> (URL provjeren 23. lipnja 1999.)
- 3.Franić Z., Ambrošić D. i Bauman A. Terenska ekipa za mjeridbu radioaktivnosti u slučaju nuklearne nesreće. *Sigurnost* 1992;34:151-7.
- 4.Franić Z. Mobile unit and its role in the case of nuclear emergencies. Proceedings of the International conference: Nuclear Option in Countries with Small and Medium Electricity Grids, 15-18 June 1998, Dubrovnik, Croatia. *Croatian Nuclear Society*: Zagreb 1998.
- 5.Toivonen H., Ilander T., Honkamaa T. and Lahtinen J. Mobile dose-rate measuring & data transfer in nuclear accidents. *Nuclear Europe Worldscan*, 1998;3-4:48.
- 6.Asculai E. End of Mission Report (Emergency Planning and Preparedness - CRO/9/002-04) IAEA, Department of Technical Co-operation, RU-NUMBER 4827, IAEA, Vienna, 1994.
- 7.International Atomic Energy Agency Planning for Off-Site Response to Radiation Accident in Nuclear Facilities, *Safety Series* No. 55, IAEA: Vienna, 1981.
- 8.International Atomic Energy Agency (IAEA). International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. IAEA: Vienna, 1996.
- 9.Widner T.E. Power Reactor Emergency Response Field Monitoring Practices in the United States. *Health Physics*, 1990;58:753-8.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Franić, Z.¹, Marović, G.¹, Senčar, J.¹

Mjerenje radioaktivnosti zraka u akutnoj fazi nuklearne nesreće

Sažetak: U slučaju teške nesreće nuklearnog reaktora (primjerice topljenje jezgre) koja rezultira ispuštanjem radioaktivnog materijala u okoliš, potrebno je u što kraćem roku donijeti odluke o provođenju mjera zaštite kao što su sklanjanje u skloništa, davanje tableta stabilnog joda, ograničavanje uporabe vode i hrane i evakuacija. Količina ispuštenog radioaktivnog materijala ovisi o značajkama, vrsti i težini kvara, dizajnu nuklearne elektrane, te o hlapljivosti fizijskih produkata nastalih tijekom rada reaktora. Tijekom akutne faze nuklearne nesreće vrlo brzo dolazi do kontaminacije zraka radioaktivnim izotopima plemenitih plinova, joda i cezija. Za procjenu stanja i provedbu optimalnih mjera zaštite potrebno je stoga što brže prikupiti podatke o radiološkoj situaciji. Takvi se podaci prikupljaju pomoću telemetrijske mreže kontinuiranih mjerača vanjskog zračenja, te mjerenjima koja provode pokretni radiološki timovi. Zadaci pokretnih timova u akutnoj fazi nuklearne nesreće, odnosno za vrijeme prolaska radioaktivnog oblaka (perjanice), jesu locirati radioaktivni oblak, procijeniti veličinu i pravac rasprostiranja, te eventualno kvalitativno odrediti njegov sastav. Detaljne procjene stanja radioaktivne kontaminacije kao i sakupljanje uzoraka provode se u kasnijoj fazi, odnosno nakon prolaska radioaktivnog oblaka.

Radioactivity measurements in the acute phase of nuclear accident

Summary: A severe accident of a nuclear reactor resulting in the release of radioactive material into the environment requires immediate response involving implementation of urgent protective measures, such as evacuation, sheltering, iodine prophylaxis, and restricted use of drinking water and food. Source terms will vary with individual plant design aspects, but generally the released fission products will behave according to their volatility, the noble gases being the most volatile, followed by iodine and caesium. Shortly after the release into the environment, iodine is usually most important radionuclide, as 20-30% of the iodine core inventory is released. The assessment of a radiological situa-

¹ Zdenko Franić, Gordana Marović i Jasminka Senčar, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

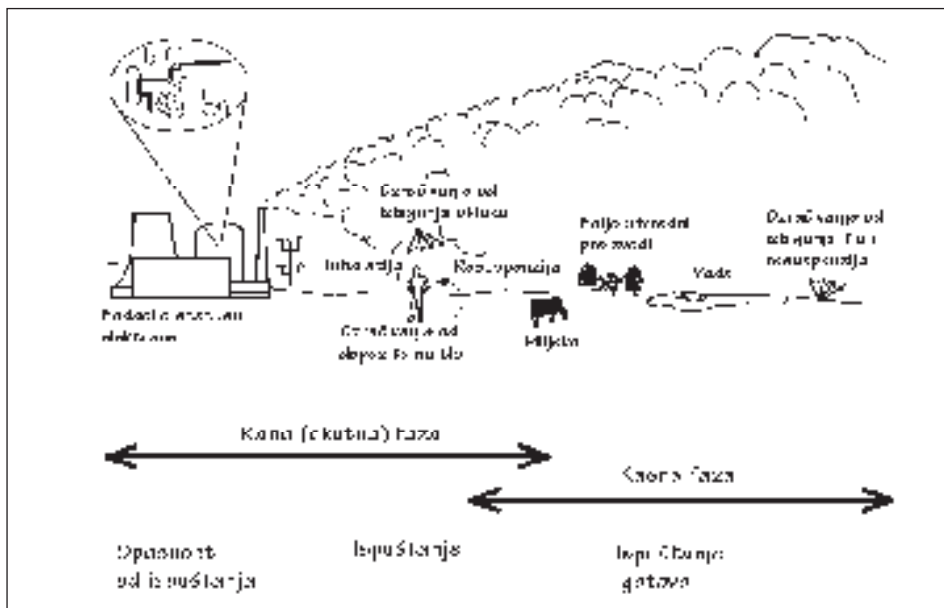
tion in the field (Figure 1) and finding the optimum use of protective measures, require immediate collection of data on an external dose rate. These are collected through a telemetric network of monitoring stations capable of transferring data in real time as well as by mobile environmental units.

A typical mobile unit should consist of a personal car manned by two persons. Crews can consist of previously well trained technicians from specialized institutions, fire brigades or civil defense units. The primary function of such units in the acute phase of a nuclear accident is to locate the plume and assess its magnitude and direction. Such data can be very easily obtained by open-window vs. closed window surveys with the dose rate meters. If the open-window reading is higher than the closed window reading, the conclusion is that the team is in the plume. If the readings are the same, the team is not in the plume, i.e., the plume is above them or they are significantly off the plume centerline.

Dose-rate measurements with open vs. a closed-window near the ground and 1m above the ground (waist) would give even more detail (Figure 2). Qualitative determination of the plume content should be performed only if possible. More detailed assessment of a radiological situation should take place in the late phase of the nuclear accident, i.e., when the radioactive plume has passed. In that phase of the nuclear accident, in-situ gamma spectrometry plays a significant role, contrary to the acute phase.

Uvod

Radioaktivni materijal ispušten u atmosferu udaljuje se od izvora niz vjetar u obliku tzv. radioaktivnog oblaka (perjanice), rasprostranjujući se zrakom djelovanjem prirodnih mehanizama atmosferskog miješanja. Daljnja sudbina i ponašanje tog radioaktivnog oblaka određeni su dinamičkim uvjetima atmosfere, topografskim karakteristikama terena, te fizičko-kemijskim svojstvima ispuštenih radioaktivnih elemenata. U slučaju teške nesreće nuklearnog reaktora količina i sastav radioaktivnog materijala ispuštenog u atmosferu (tzv. *Source Term*) ovise o načinu izvedbe nuklearne elektrane. Općenito, količina fisijskih produkata u radioaktivnom oblaku proporcionalna je hlapljivosti pojedinih radionuklida. Najhlapljiviji su plemeniti plinovi, jod te potom cezij. U ranoj, odnosno akutnoj fazi nuklearne nesreće radionuklidi čija je koncentracija u radioaktivnom oblaku najveća jesu radioaktivni izotopi joda, posebice ^{131}I , budući se u atmosferu oslobodi 20-30% ukupne količine joda sadržanog u nukleranom reaktoru. ^{131}I srećom ima vrijeme poluraspada od svega 8 dana, te relativno brzo nestaje iz atmosfere. U akutnoj fazi nesreće najopasniji putevi ozračivanja jesu neposredno izlaganje radioaktivnom oblaku, inhalacija, te ozračivanje radioaktivnim materijalom koji se iz oblaka istaložio na tlo (slika 1). Posljedično, u toj fazi nuklearne nesreće potrebno je što brže prikupiti podatke o položaju te smjeru rasprostiranja radioaktivnog oblaka. Takvi podaci prikupljaju se uz pomoć mreže radioloških monitora za rano upozoravanje na povišene razine ionizirajućeg zračenja. (1,2), te uz pomoć pokretnih timova (3,4,5).



Slika 1. Putevi ozračivanja tijekom nuklearne nesreće

Potencijalni uzroci kriznih stanja

Iako se općenito smatra da je nuklearna elektrana Krško (NEK) glavni potencijalni uzrok kriznih stanja u Republici Hrvatskoj vezanih uz nuklearnu sigurnost, u potencijalne uzroke kriznih stanja (6) valja ubrojiti i:

- Nuklearnu elektranu Paks u Mađarskoj, s četiri VVER-440 nuklearna reaktora, oko 80 km udaljenu od hrvatske granice,
- Nesreće prilikom transporta radioaktivnih, otvorenih ili zatvorenih, izvora,
- Nesreće uzrokovane oštećenim ili izgubljenim radioaktivnim izvorima, uključujući i radioaktivne gromobrane.

Bez obzira na razinu složenosti situacije proistekle iz svakog od gore navedenih potencijalnih uzroka kriznih stanja, uključivši i NEK, valja naglasiti da je djelatnost pokretnih timova ponekad jedini način prikupljanja brzih i pouzdanih podataka. (3, 4, 5).

Postupanje u akutnoj fazi nuklearne nesreće

Zadaća pokretnih timova u akutnoj fazi nuklearne nesreće, tj. za vrijeme prolaska radioaktivnog oblaka, jest locirati radioaktivni oblak, procijeniti veličinu i pravac njegovog rasprostiranja, te eventualno kvalitativno odrediti njegov sastav. Kako je zbog zaštite osoblja, kao i glede pokrivanja što većeg broja mjernih točaka, na takva mjerenja potrebno utrošiti minimum vremena, u akutnoj fazi nuklearne

nesreće potrebno je načiniti samo najnužnija mjerenja. Preporuka Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) jest da se mjerenja izvode na unaprijed zadanim točkama (7) na kojima su postavljeni i termoluminiscentni dozimetri (TLD). Ti se dozimetri u slučaju nesreće prikupljaju i odnose na obradu u Centralni laboratorij. Ostali uzorci (zraka, tla, ili vode) se uzimaju samo u iznimnim slučajevima, što se odnosi i na kvalitativnu analizu sadržaja radioaktivnog oblaka *in-situ* gamaspakometrijskim mjerenjima. Informacije o smjeru širenja radioaktivnog oblaka, odnosno o dosezima kontaminacije kao i o depoziciji radionuklida na tlo mogu se vrlo jednostavno dobiti dozimetrijskim mjerenjima uz pomoć otvorenog i zatvorenog prozora na sondi GM detektora. Naime, samo otkrivanje i registriranje povećanog osnovnog zračenja na nekoj lokaciji nije dovoljno za jednoznačan zaključak o karakteru zračenja. Krajnje pojednostavljeno, izvori zračenja mogu biti:

- a) prolazeći radioaktivni oblak iz kojeg se može, ali i ne mora taložiti radioaktivni materijal,
 - b) istaloženi radioaktivni materijal koji je kontaminirao promatranu lokaciju.
- Radioaktivni oblak zrači α , β i γ zrake. Kako α zrake imaju domet u zraku od svega nekoliko centimetara to se pri brzim procjenama radiološkog stanja ne uzimaju u obzir. β zrake imaju domet u zraku nekoliko metara, te ih zatvoreni prozor GM detektora zaustavlja. Na temelju navedenih svojstava, pomoću mjerenja GM detektorom u visini struka i pri tlu, uz kombinaciju otvorenih i zatvorenih prozora na sondi, mogu se brzo i jednostavno izvesti zaključci o tome nalazi li se radioaktivni oblak pri tlu, visoko iznad tla, ili je već prošao (Slika 2). Primjerice, ukoliko su vrijednosti koje detektor pokazuje s otvorenim prozorom sonde pri tlu i u visini struka približno jednake, radioaktivni oblak je ili visoko iznad tla ili je mjerna lokacija značajno udaljena od pravca kretanja radioaktivnog oblaka. Iako je stvarna situacija daleko kompleksnija, ovakvom jednostavnom kontrolom zračenja uz pomoć GM detektora može se brzo i kvalitetno procijeniti radiološka situacija. Preduvjeti jesu dobre komunikacijske veze i razrađeni komunikacijski protokoli pokretnih timova s Tehničkim potpornim centrom (TPC) i centralnim laboratorijem kao i dobre "navigacijske sposobnosti" pokretnih timova (poznavanje terena i mjernih lokacija, osposobljenost za rad sa sustavom za globalno pozicioniranje). Preporuke za intervencijske nivoe kod kojih se provode hitne mjere zaštite od zračenja (sklanjanje, profilaksa pilulama stabilnog joda, evakuacija) detaljno su raspravljene u publikaciji Međunarodne agencije za atomsku energiju *Basic Safety Standards* (8). Probleme vezane uz djelatnost pokretnih jedinica raspravio je pak Widner (9).

Kasnije faze nuklearne nesreće

U kasnijim fazama nuklearne nesreće, odnosno nakon što je radioaktivni oblak prošao, prikupljaju se uzorci (npr. zraka, vode, hrane itd.) i provode terenska mjerenja glede detaljne procjene stanje radioaktivne kontaminacije. Za razliku od akutne faze, u ovoj fazi nuklearne nesreće značajnu ulogu imaju *in-situ* gamas-

paktrometrijska mjerenja radioaktivnosti. Na osnovu dobivenih podataka, donose se mjere (privremenog ili stalnog) izmještanja stanovništva, restrikcije uporabe poljoprivrednih proizvoda te dekontaminacije terena i materijalnih dobara. U ovoj fazi zrak može sadržavati rezidualnu radioaktivnost, kao i radioaktivne čestice koje u atmosferu dolaze resuspenzijom s tla.

U radioaktivnom oblaku

$$W_o > W_c > \text{BKG}$$

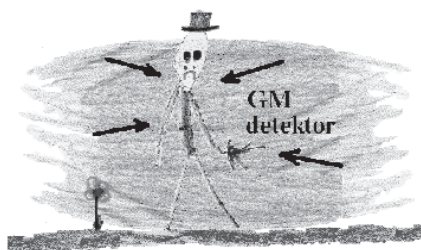
Očitavanja

$$G_o: \beta + \gamma$$

$$G_c: \gamma$$

$$W_o: \beta + \gamma$$

$$W_c: \gamma$$



Ispod radioaktivnog oblaka

$$G_o = W_o > \text{BKG}$$

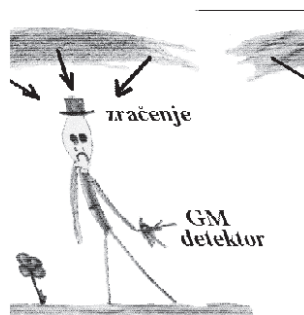
Očitavanja

$$G_o: \gamma$$

$$G_c: \gamma$$

$$W_o: \gamma$$

$$W_c: \gamma$$



Radioaktivni oblak prošao

$$G_o > W_o > \text{BKG}$$

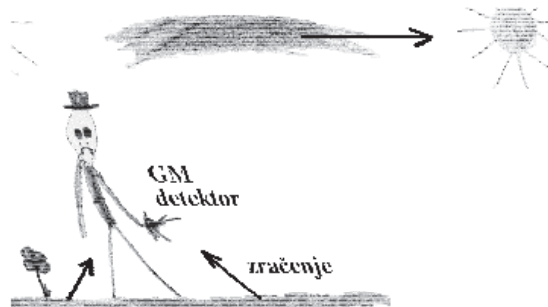
Očitavanja

$$G_o: \beta + \gamma$$

$$G_c: \gamma$$

$$W_o: \gamma$$

$$W_c: \gamma$$



Legenda

BKG osnovno zračenje

G_o tlo, β prozor otvoren

G_c tlo, β prozor zatvoren

W_o visina struka, β prozor otvoren

W_c visina struka, β prozor zatvoren

Slika 2. Određivanja položaja radioaktivnog oblaka jednostavnim dozimetrijskim mjerenjima

Zaključne napomene

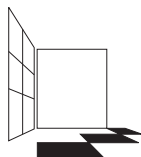
Pokretni radiološki timovi bitan su element sustava održavanja pripravnosti za krizna stanja prouzročena nuklearnom nesrećom. U akutnoj fazi nuklearne nesreće takvi timovi jednostavnim mjerenjima brzo i učinkovito pribavljaju podatke potrebne za procjenu radiološke situacije i donošenje odluka o mjerama zaštite. Valja naglasiti da su mnogi problemi koji prate organizaciju i uvježbavanje, odnosno općenito djelatnost pokretnih radioloških timova, gotovo univerzalni (9). Stoga se određena iskustva mogu steći proučavanjem prakse drugih takvih timova. Ipak, neki su problemi specifični za Hrvatsku (razdioba populacije, zemljopisne karakteristike itd.), te se postojeća hrvatska praksa mora prilagoditi tim specifičnostima.

Zahvala

Grafičko rješenje slike 2 načinila je Sunčana Franić (6 god), na čemu se najljepše zahvaljujemo.

Literatura

- 1.Lulić S. Monitoring sustav. Informativni seminar o zaštiti u slučaju nuklearne nesreće. *Ministarsvo gospodarstva, Odjel za nuklearnu sigurnost*: Zagreb 1998.
- 2.Lulić S. Prirodna doza zračenja na Puntijarki. 12. ožujak 1999. <<http://www.tel.hr/dhmz/pgr.html>> (URL provjeren 23. lipnja 1999.)
- 3.Franić Z., Ambrošić D. i Bauman A. Terenska ekipa za mjeridbu radioaktivnosti u slučaju nuklearne nesreće. *Sigurnost* 1992;34:151-7.
- 4.Franić Z. Mobile unit and its role in the case of nuclear emergencies. Proceedings of the International conference: Nuclear Option in Countries with Small and Medium Electricity Grids, 15-18 June 1998, Dubrovnik, Croatia. *Croatian Nuclear Society*: Zagreb 1998.
- 5.Toivonen H., Ilander T., Honkamaa T. and Lahtinen J. Mobile dose-rate measuring & data transfer in nuclear accidents. *Nuclear Europe Worldscan*, 1998;3-4:48.
- 6.Asculai E. End of Mission Report (Emergency Planning and Preparedness - CRO/9/002-04) IAEA, Department of Technical Co-operation, RU-NUMBER 4827, IAEA, Vienna, 1994.
- 7.International Atomic Energy Agency Planning for Off-Site Response to Radiation Accident in Nuclear Facilities, *Safety Series* No. 55, IAEA: Vienna, 1981.
- 8.International Atomic Energy Agency (IAEA). International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources. IAEA: Vienna, 1996.
- 9.Widner T.E. Power Reactor Emergency Response Field Monitoring Practices in the United States. *Health Physics*, 1990;58:753-8.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Barbalić, N.¹, Škrinjar, K.¹, Mlinar, M.¹

Statističke značajke funkcija imisijskog toka i analiza posljedica njihove diskretizacije s pomoću vremena usrednjavanja

Sažetak: Ako se u vremenskom razdoblju $[0, T]$ u prostoru $\mathfrak{V}$ razmatra skup svih mogućih realizacija funkcija imisijskog toka $I(t)$, i to samo za dane imisijske uvjete, određenu grupu prijarnika i jednu - promatranu onečišćujuću tvar, dobiva se vjerojatnostni prostor na temelju kojeg treba odrediti imisijske iskaze, radi vrednovanja kakvoće zraka. Imisijski iskazi određuju se diskretizacijom funkcija koncentracijskog toka. Razmatraju se bitna svojstva postupka diskretizacije. Posebno se razmatraju posljedice diskretizacije koja se, radi vrednovanja kakvoće zraka, provodi nad realizacijama funkcija koncentracijskog toka s pomoću vremena usrednjavanja. Slični zaključci vrijede i za postupke vrednovanja emisijskih tokova.

Statistical characteristics of immission flow functions and consequences of their discretization by the averaging times

Summary: The all immission flow functions $I(t)$ in the assessment period T and assessment space $\mathfrak{V}$ can be only realized as intersections between random concentration fields and random receptor positions (trajectories) in time. By the set of immission flow realizations being always analyzed concerning both only one pollutant and only one receptor group, the probability space is determined on the base of which appropriate immission indices for the purpose of air quality estimation have to be found. These indices are usually derived by discretization of immission flow functions. Some essential characteristics of such a procedure are discussed. Especially, the consequences of discretization of the concentration flow functions being performed by means of various averaging times are pointed out as well. Same conclusions are valid for the procedures of estimation of the emission flows.

1. Uvod

U postupku vrednovanja kakvoće zraka mjeriteljska zadaća jest, u biti, određivanje vremenske i prostorne sadržanosti promatranih (odabranih) onečišćujućih tvari, i

¹ Nikola Barbalić, Kruno Škrinjar, Magdalena Mlinar, HEP – Sektor za termoelektrane

to na takav način da se mjerni rezultati mogu “izmjeriti” mjerama kakvoće zraka (npr. prema hrvatskim propisima, to su veličine PV i GV [1, 2]). Te su mjere kakvoće zraka razmjerno grube [3], kako i koliko to uvjetuje postojeća razina znanja: postavljaju se u odnosu prema procjenama parametara ograničenih skupova srednjih vremenskih vrijednosti koncentracija. Na taj način “mjere” kakvoće zraka određuju dostatnost (donju granicu) mjernih postupaka glede uzorkovanja i vremenskog usrednjavanja koncentracijskih tokova. Istodobno, razvoj mjerne tehnike omogućava sve veću zastupljenost kontinuiranog praćenja koncentracijskih tokova u okolišnom zraku, a za praćenje koncentracijskih tokova određenih (velikih) emisijskih izvora to je i obveza [4], bez obzira na to što su i emisijske granične vrijednosti postavljene prema vremenski usrednjenim koncentracijskim vrijednostima. Međutim, glavni cilj praćenja i imisijskih i emisijskih koncentracijskih tokova jest njihova diskretizacija skupovima vremenskih srednjih vrijednosti radi usporedbe s graničnim vrijednostima. Nužno je ukazati na bitne značajke takvih postupaka.

2. Stohastičko obilježje funkcija koncentracijskog toka

Emisijski tok promatrane onečišćujuće tvari ζ iz emisijskog izvora određen je u svakom trenutku vremena funkcijom:

$$E(t) = \oint_{F_E} c \cdot (\vec{v} \cdot \vec{n}_0) dF_E \quad (1)$$

gdje su: F_E – ovojna površina emisijskog izvora; c – koncentracija onečišćujuće tvari ζ ; $\vec{n}_0$ – jedinični vektor normale u točkama površine F_E . Općenito, svaka veličina na desnoj strani jednadžbe (1) može biti funkcija i prostora i vremena. No, u većini emisijskih izvora, posebno točkastih nepokretnih izvora, mjeriteljska zadaća svodi se na određivanje obujmnog protoka otpadnih plinova $\vec{v}(t)$ i površinski usrednjene vrijednosti koncentracijskog toka $c(t)$. Nije nužno obrazlagati da su obje te veličine, a koncentracijski tok posebno, slučajne funkcije vremena. Slično je ako se razmatra imisijski tok $I(t)$ promatrane onečišćujuće tvari ζ k određenom prijammiku. Tada se $I(t)$ može izraziti također s pomoću jedn.(1), s tim što se sad tu radi o ponoru unutar koncentracijskog polja onečišćujuće tvari ζ . No, u slučaju svakog pojedinog prijammika valja uzeti u obzir i njegov možebitno promjenjiv položaj – putanju $\vec{p}_0(t)$. Neka je u prostoru $\mathfrak{G}$ i razdoblju $[0, T]$ koncentracijsko polje onečišćujuće tvari ζ :

$$c = c(\vec{r}, t) \quad M(\vec{r}) \in \mathfrak{G}, \quad t \in [0, T] \quad (2)$$

gdje je $M(\vec{r})$ točka prostora $\mathfrak{G}$, tada je, za isti prijammik, mjerodavna funkcija koncentracijskog toka u presjeku slučajnih ostvarenja koncentracijskog polja $c(\vec{r}, t)$ i putanje $\vec{p}_0(t)$:

$$\alpha(t) = c[\tilde{n}_0(t), t], \quad t \in [0, T] \quad (3)$$

Isto dalje vrijedi i za realizaciju odgovarajuće funkcije imisijskog toka $I_0(t)$, s tim što na nju utječu i slučajne realizacije svih veličina koje određuju prijelaz onečišćujuće tvari iz zraka na prijamnik [3]. Ako je mjeriteljska zadaća: određenje (procjena) značenja koncentracijskog polja $\alpha(\vec{r}, t)$ na jednu cjelovitu prijamsku grupu, jasno je da ona mora omogućiti pouzdanu procjenu i vremenske i prostorne sadržanosti onečišćujuće tvari u razdoblju $[0, T]$ i prostoru $\mathcal{G}$.

3. Statističke značajke nad poljem koncentracija

Prema razmatranjima u prethodnom odjeljku, za usrednjene vrijednosti koncentracijskog toka po ovojnoj površini određenog emisijiskog izvora – $c(t)$ postoji skup Ω svih mogućih realizacija u vremenskom razdoblju $[0, T]$. Tada se može odrediti vjerojatnostni prostor [5]:

$$\{\Omega = \{\omega\}, A, P\} \quad (4)$$

gdje je: ω – elementarni događaj; Ω – prostor elementarnih događaja (σ -algebre); P – vjerojatnostna mjera na algebri A , sa značenjem:

- svaki “čvrsti” elementarni događaj $\omega \in \Omega$ jest realizacija funkcije imisijskog toka:

$$t \rightarrow c_\omega(t) \quad (t \in [0, T]) \quad (5)$$

- za svaki “čvrsti” trenutak vremena određena je slučajna varijabla:

$$\dot{u} \rightarrow c_t(\dot{u}) \quad (\dot{u} \in \dot{U}) \quad (6)$$

tj. postoji funkcija iz skupa $\{[0, T] \times \dot{U}\}$:

$$(t, \dot{u}) \rightarrow \alpha(t, \dot{u}) \in [0, \infty) \quad (7)$$

kojom je određen stohastički proces $\{c_\omega(t) : t \in [0, T]\}$.

Da bi se nad stohastičkim procesom (7) odredio neki djelotvoran koncentracijski iskaz nužno je osloniti se na veličine/funkcije kojima se bitna svojstva procesa jednostavnije izražavaju. To su [5]: funkcije raspodjele, matematičko očekivanje, korelacijska funkcija, varijansa, i važno je utvrditi svojstva procesa u odnosu prema uvjetima stacionarnosti i ergodičnosti. Međutim, za slučajne funkcije koncentracijskih tokova u okolišu (prostor $\mathcal{G}$, razdoblje $[0, T]$) prema jednadžbi (3) opisano određenje stohastičkog procesa nije dovoljno, jer je sad realizacija funkcija koncentracijskog toka u presjeku realizacija slučajnog koncentracijskog polja i slučajnih putanja grupe prijamnika, tj. elementarnim događajima ω iz vje-

rojatnostnog prostora Ω (jedn. 4) mogu se smatrati realizacije polja koncentracija u razdoblju $[0, T]$ i stohastički proces je određen funkcijom:

$$(t, \vec{r}) \rightarrow \alpha(\vec{r}, t, \vec{u}) \in [0, \infty) \quad (8)$$

Tada svakoj točki prostora $M \in \mathcal{M}$ odgovara jedan stohastički proces određen jedn. (7) i jasno se uočava prostorni vid stohastičkog procesa prema jedn. (8). Za njega se mogu odrediti pokazatelji kojima se “prostorna svojstva” procesa jednostavnije izražavaju, gdje, umjesto vremena, ulogu varijable imaju točke prostora $\mathcal{M}$ (tj., vektor položaja tih točaka): funkcije raspodjele, matematičko očekivanje, prostorna homogenost (analogon stacionarnosti), korelacijska funkcija, ergodijski iskaz itd. Na temelju svojstava samih stohastičkih procesa trebao bi se odrediti mjeriteljski postupak koji je dovoljan za pouzdanu procjenu kakvoće zraka. Čini se da tom pitanju u području ocjene kakvoće zraka nije posvećeno dovoljno pozornosti [3]. Ipak, svakom postupku praćenja (ocjene) kakvoće zraka temelj jesu i bit će, bez obzira na razvoj znanja, mjerenja nad realizacijama koncentracijskih tokova $c(t)$ u pojedinim diskretnim točkama prostora $\mathcal{M}$ te njihova vremenska diskretizacija.

4. Funkcija koncentracijskog toka i njoj pridruženi skup diskretiziranih vrijednosti

Promatrat će se jedna realizacija $c(t)$ slučajne funkcije koncentracijskog toka za $t \in [0, T]$. Ona može naravno općenito, u koncentracijskom polju $c = \alpha(\vec{r}, t)$ duž proizvoljne putanje $\vec{r}_0(t)$ u prostoru $\mathcal{M}$: dakle, i u nepokretnoj točki (npr., u blizini nepokretnih izlaza ili prijemskih ponora) i pri bilo kakvoj realizaciji vektora $\vec{r}_0(t)$. Isključivši neuobičajena zbivanja (npr. eksplozije) $c(t)$ je neprekidna i glatka funkcija vremena. Određuje se s pomoću mjernih uređaja: (i) pokretnih (vozila, baloni) i nepokretnih (čvrsta točka); (ii) kontinuirano, neprekidnim nizom srednjih vrijednosti, uzorcima iz pojedinih razdoblja i/ili sl. (procjena). Značenje određenja “kontinuirano mjerenje” podliježe odgovarajućim mjerilima [3] i smatra se, ovdje, da su ta mjerila ispunjena, tj. da nema informacijskog gubitka. Pozornost će se obratiti na postupak diskretizacije neprekidne funkcije $c(t)$, koji je obično dovoljan u postupcima vrednovanja kakvoće zraka, i neka bitna svojstva tog postupka. Ako je zadano vrijeme usrednjavanja τ tada funkciji $c(t)$, $t \in [0, T]$, integrabilnoj u istom tom razmaku, odgovara funkcija srednjih vrijednosti:

$$\chi(t, \tau, \Theta) = \frac{1}{\tau} \int_{t-\tau+\Theta}^{t+\tau} \alpha(u) du \quad t \in [\tau - \Theta, T - \Theta] \quad \Theta \in [0, \tau] \quad (9)$$

gdje je, dakle, uzeto u obzir da srednju vremensku vrijednost funkcije $c(t)$, iz određenog intervala trajanja τ , ima smisla pridružiti bilo kojoj vrijednosti t iz

tog razmaka. Prema jedn. (9) za vrijednosti $\Theta: 0, \tau/2, \tau$, razmaci usrednjavanja su redom: $[t-\tau, t]$, $[t-\tau/2, t+\tau/2]$, $[t, t+\tau]$ i oni se najčešće sreću u primjeni. Za različite vrijednosti $\Theta \in [0, \tau]$, funkcije određene jedn.(9) međusobno su različite. Međutim, lako je provjeriti, za svake dvije vrijednosti $\Theta_1, \Theta_2 \in [0, \tau]$ vrijedi (za $\tau = \text{const.}$):

$$x(t; \dot{E}_2) = x(t + (\dot{E}_2 - \dot{E}_1); \dot{E}_1) \quad (10)$$

tj. funkcija $x(t; \Theta_2)$ je uzdužno pomicanje (translacija) funkcije $x(t; \Theta_1)$ duž t -osi za vrijednost $(\Theta_1 - \Theta_2)$. Posebno je prema jedn. (10):

$$x(t; \dot{E}) = x(t + \dot{E}; 0), \quad x(t; 0) = x(t - \dot{E}; \dot{E}), \text{ itd.} \quad (11)$$

Za daljnje rasprave odabrat će se $\Theta = 0$, tj. funkcija srednjih vrijednosti:

$$x(t; \tau) = \frac{1}{\tau} \int_{t-\tau}^t \alpha(u) du, \quad t \in [\tau, T] \quad (12)$$

gdje je u označavanju istaknuta njena ovisnost o parametru τ - vremenu usrednjavanja. Funkcija $x(t; \tau)$ jest izravno funkcija pomičnih srednjih vrijednosti za izabrane vrijednosti τ , a njene vrijednosti u točkama $k \cdot \tau, (k = 1, T/\tau)$ jednake su vrijednostima diskretnog skupa sukcesivnih mjernih rezultata s vremenom usrednjavanja τ :

$$c_{k\tau} = \int_{(k-1)\tau}^{k\tau} \alpha(u) du, \quad (k = 1, m; m = T/\tau) \quad (13)$$

kojima je diskretizirana funkcija koncentracijskog toka $c(t)$.

Na slici 1. prikazan je graf realizacije jedne funkcije koncentracijskog toka - $\alpha(t)$ $t \in [0, T]$ i grafovi njoj pripadnih funkcija pomičnih srednjih vrijednosti - $x(t, \delta)$ $t \in [\delta, T]$, $\tau = 1/10 T$, $\tau = 1/5 T$, $\tau = 1/2 T$.

Naznačene su ordinate funkcija $x(t, \delta)$, koje su jednake vrijednostima diskretnog skupa sukcesivnih srednjih vrijednosti $c_{k\tau}$, $(k = 1, m; \tau \cdot m = T)$ - jedn. (13), i srednje vrijednosti $\bar{\alpha}[0, T]$ i $\bar{x}[\delta, T]$ funkcije koncentracijskog toka i funkcija pomičnih srednjih vrijednosti u intervalima, redom, $[0, T]$ i $[\tau, T]$.

5. Bitne značajke diskretizacije funkcije koncentracijskog toka skupom srednjih vrijednosti

S obzirom na spomenuto značenje ordinata funkcija $x(t; \tau)$ za $t = k\tau$, $(k = 1, m; m\tau = T)$, postupak svodenja funkcija koncentracijskog toka - $c(t)$ na diskretni

niz sukcesivnih srednjih vrijednosti $c_{k\tau}$ uputno je promatrati u dva stupnja: (i) zaglađivanje funkcije $c(t)$ funkcijama $x(t;\tau)$; (ii) diskretizacija funkcija $x(t;\tau)$. Svaki od ta dva stupnja uvjetuje, u odnosu prema funkciji $c(t)$, ($t \in [0, T]$), određeni gubitak informacija. Mjera gubitka informacija, međutim, nije jednoznačna, tj. unutar područja zaštite kakvoće zraka nemoguće ju je postaviti općenito i treba uvesti više takvih mjera, izdvojeno glede svake značajke funkcije $c(t)$ koja se vrednuje prema uredbama o graničnim vrijednostima (emisije ili kakvoće zraka). Jer, treba se podsjetiti, i vrijednosti neprekidne funkcije $c(t)$ i skup vrijednosti $c_{k\tau}$ njoj odgovarajućeg diskretiziranog niza služe za procjenu točno određenih parametara stohastičkog procesa – jedn. (8), koji se mogu uspoređivati s graničnim vrijednostima propisanim uredbama (npr. [2] i [4]). To su, uobičajeno, "srednja godišnja vrijednost", maksimalne vrijednosti i/ili razni kvantili za određene vrijednosti vremena usrednjavanja i sl.

Za svaki od njih je značenje informacijskog gubitka pri svođenju funkcije $c(t)$ na diskretni skup, i kvalitativno i kvantitativno, različito. "Mjerenje" informacijskog gubitka je složen zadatak, koji će, međutim, za primjene u području zaštite kakvoće zraka imati sve veću važnost. Na ovom mjestu navest će se samo neke značajke postupka diskretizacije koncentracijske funkcije $c(t)$ skupom vrijednosti $c_{k\tau}$ - jedn. (13), koje se mogu jednostavno dokazati, i ukazat će se na njihov kvalitativni utjecaj na informacijske gubitke.

(i) Zaglađivanje funkcije $c(t)$

Prema sl.1., funkcijom pomičnih srednjih vrijednosti $x(t;\tau)$, funkcija koncentracijskog toka $c(t)$ se preslikava u jednu "ublaženiju" formu - glačanje, koje se povećava s povećanjem vremena usrednjavanja τ . Na temelju (12):

$$x'(t) = \frac{\partial}{\partial t} = \frac{t - t - \hat{\delta}}{\hat{\delta}} \hat{\delta} \quad (14)$$

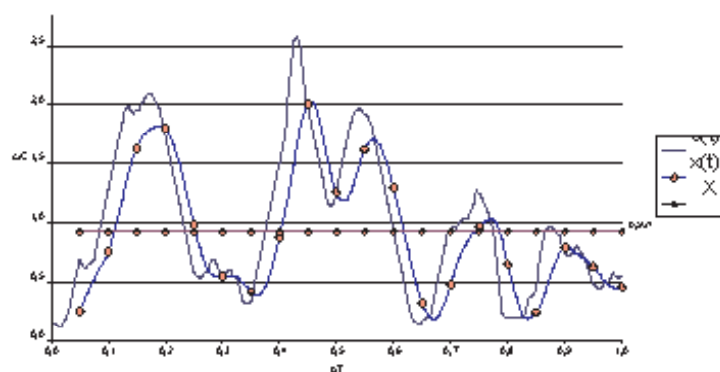
ili

$$\alpha(t) = \hat{\delta} \cdot x'(t) + \alpha(t - \hat{\delta}) \quad (15)$$

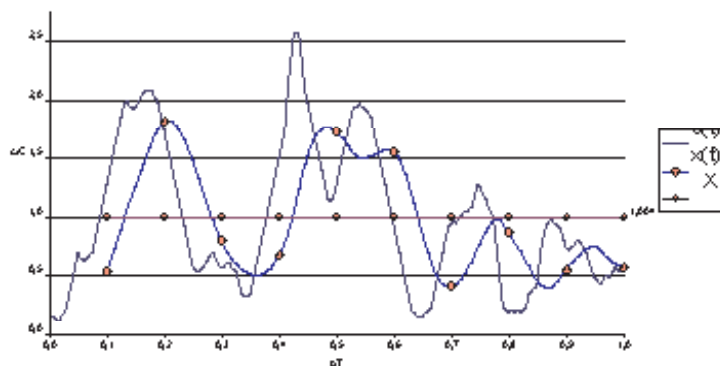
tj. na temelju funkcije $x(t)$, ($t \in [\hat{\delta}, T]$), može se odrediti funkcija $c(t)$, $t \in [\hat{\delta}, T]$, ako su poznate njene vrijednosti za $t \in [0, \hat{\delta}]$. Dakle skup vrijednosti $c(t)$ iz intervala $t \in [0, \hat{\delta}]$ jest količinska mjera informacijskog gubitka prelaza $c(t) \rightarrow x(t; \tau)$, ($x(t) \equiv x(t; t)$). Ako se sa $\bar{c}[t_1, t_2]$ i $\bar{x}[t_1, t_2]$ označe srednje vremenske vrijednosti funkcija, redom, $c(t)$ i $x(t)$ u intervalu $[t_1, t_2]$, bit će:

$$\bar{x}[\hat{\delta}, T] = \frac{1}{\hat{\delta}(t - \hat{\delta})} \int_{\hat{\delta}}^T \int_{t-\hat{\delta}}^t \alpha(u) du dt \quad (16)$$

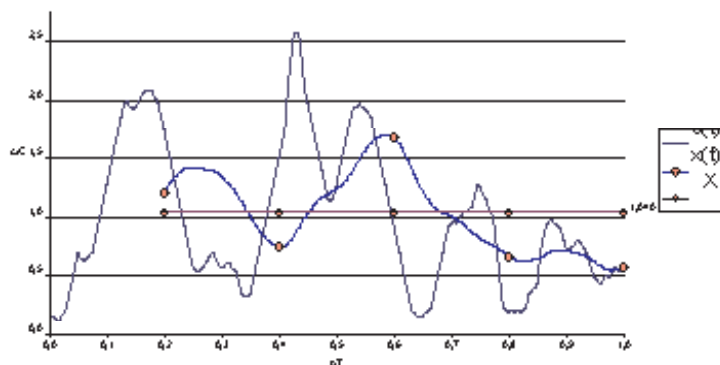
a) vrijeme usrednjavanja = 1200 s



b) vrijeme usrednjavanja = 1710 s



c) vrijeme usrednjavanja = 1710 s



Slika 1: Grafički prikaz glačanja funkcije koncentracijskog toka - $c(t)$ funkcijama pomičnih srednjih vrijednosti - $x(t;\tau)$, za različita vremena usrednjavanja - τ , ($C \equiv \bar{c}$ - srednja vrijednost od $c(t)$; $X \equiv \bar{X}$ - srednja vrijednost od $x(t;\tau)$)

Promjenom redoslijeda integriranja dobit će se:

$$\begin{aligned}\bar{x}[\hat{\delta}, T] &= \frac{1}{\hat{\delta}(T-\hat{\delta})} \left[\int_0^{\hat{\delta}} \left(\int_{\hat{\delta}}^T \alpha(u) du \right) d\hat{\delta} + \int_{\hat{\delta}}^{T-\hat{\delta}} \left(\int_{\hat{\delta}}^u \alpha(u) du \right) d\hat{\delta} + \int_{T-\hat{\delta}}^T \left(\int_{\hat{\delta}}^T \alpha(u) du \right) d\hat{\delta} \right] = \\ &= \bar{c}[\hat{\delta}, T] + \bar{c}[T-\hat{\delta}, T] + \frac{1}{\hat{\delta}(T-\hat{\delta})} \left[\int_0^{\hat{\delta}} u \cdot \alpha(u) du - \int_{T-\hat{\delta}}^T u \cdot \alpha(u) du \right]\end{aligned}\quad (17)$$

Slijedi da je $\bar{x}[\tau, T] \neq \bar{c}[\tau, T]$. No, za $T \gg \tau$, vidi se prema jednadžbi (17) da je ipak:

$$\bar{c}[0, T] \approx \bar{c}[\hat{\delta}, T] \approx \bar{x}[\hat{\delta}, T], \quad (T \gg \hat{\delta}) \quad (18)$$

Konačno, prema slici 1. a) - c), očito je smanjenje opsega varijacije (smanjenje maksimuma i povećanje minimuma) funkcija pri prelazu $c(t) \rightarrow x(t; \tau)$ i između funkcija $x(t; \tau)$, pri povećanju vrijednosti τ . Jednostavno je zaključiti da ovakva tvrdnja vrijedi i za procjene kvantila na temelju funkcija $c(t)$ ili $x(t; \tau)$ – pri povećanju vrijednosti τ .

(ii) Diskretizacija funkcija $x(t; \tau)$

Niz sukcesivnih vrijednosti usrednjavanja funkcija $c(t)$ u razmacima $t \in [(k-1)\tau, k\tau]$, ($k=1, m; m\tau=T$) identičan je nizu $c_{k\tau}$ vrijednosti funkcije $x(t; \tau)$ u diskretnim točkama $k\hat{\delta}$, ($k=1, m; m\hat{\delta}=T$). Dakle, informacijski gubitak pri prelazu $x(t; \hat{\delta}) \rightarrow c_{k\hat{\delta}}$ je očit. Međutim, u ukupnom prelazu $\alpha(t) \rightarrow c_{k\hat{\delta}}$ glede srednje vrijednosti $\bar{c}[0, T]$ nema informacijskog gubitka:

$$\bar{c}(t) = \frac{1}{T} \int_0^T \alpha(u) du = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^{m} \int_{(k-1)\hat{\delta}}^{k\hat{\delta}} \alpha(u) du = \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m c_{k\hat{\delta}} = \bar{c}_{k\hat{\delta}} \quad (19)$$

što vrijedi za svako $\tau > 0$ uz uvjet $m\tau=T$. Za razliku od srednje vrijednosti skupova $c_{k\tau}$, koja ne ovisi o τ , varijanca skupova $c_{k\tau}$ smanjuje se s povećanjem τ .

Za skupove vrijednosti:

$$c_i = \frac{1}{\hat{\delta}} \int_{\hat{\delta}(i-1)}^{\hat{\delta}i} \alpha(t) dt, \quad (i=1, N); \quad c_k = \frac{1}{\hat{\delta} \cdot a} \int_{\hat{\delta}a(k-1)}^{\hat{\delta}ak} \alpha(t) dt, \quad (k=1, n) \quad (20)$$

gdje je a racionalni broj, $a > 1$, vrijedi za odgovarajuće varijance:

$$s_i^2(\hat{\delta}) > s_k^2(a\hat{\delta}), \quad (a \cdot \hat{\delta} \cdot n = \hat{\delta} \cdot N = T) \quad (21)$$

Radi jednostavnosti, to će se pokazati za $a = m$, gdje je m cijeli broj ($m > 1$). Sad se može napisati ($n \cdot m = N$):

$$\bar{s}^2(\hat{\delta}) + \bar{c}^2(\hat{\delta}) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{\hat{\delta}} \int_{\hat{\delta}(i-1)}^{\hat{\delta}i} q(t) dt \right)^2 = \frac{1}{\hat{\delta}^2 \cdot n \cdot m} \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m \left(\int_{\hat{\delta}[(k-1)m+j-1]}^{\hat{\delta}[(k-1)m+j]} q(t) dt \right)^2 \quad (22)$$

i

$$\bar{s}_k^2(m\hat{\delta}) + \bar{c}_k^2(m\hat{\delta}) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{1}{\hat{\delta}} \int_{\hat{\delta}[(k-1)m+j-1]}^{\hat{\delta}[(k-1)m+j]} q(t) dt \right)^2 \quad (23)$$

Kako je, prema (19), $\bar{c}_j^2(\hat{\delta}) = \bar{c}_k^2(m\hat{\delta})$, te kako za svaki niz brojeva a_j ($j = 1, m$), ako svi a_j nisu jednaki nuli, vrijedi:

$$m \sum_{j=1}^m a_j^2 > \left(\sum_{j=1}^m a_j \right)^2 \quad (24)$$

to, prema (22) i (23), vrijedi i nejednakost (21).

Konačno, kao posljedicu prijelaza $x(t; \tau) \rightarrow c_{k\tau}$, treba spomenuti informacijski gubitak u odnosu prema mogućnosti uočavanja graničnih vrijednosti. Neka je, npr., granična vrijednost zadana uređenom četvorkom vrijednosti:

$$\{T, \hat{\delta}, p, C_{\hat{\delta}p}\} = \{T, \hat{\delta}, 1 - \hat{\delta}/T, C_{\hat{\delta}max}\} \quad (25)$$

gdje p označava kvantilsku razinu, tada, kako se jednostavno da zaključiti prema grafovima na sl. 1., postoji nezanemariva vjerojatnost da je $x(t; \tau) > C_{\tau max}$ u jednom ili više razmaka $[t, t + \Delta t]$, a da je $c_{k\tau} < C_{\hat{\delta}max}$ za svako $k = 1, T/\hat{\delta}$. To je bit razlike u strogoći između graničnih vrijednosti postavljenih u odnosu prema pomičnom ili "običnom" vremenu usrednjavanja.

Zaključak

Radi usporedbe s normama (graničnim vrijednostima) nužno je obaviti diskretizaciju realizacija koncentracijskih tokova u određenom vremenskom razdoblju, prema unaprijed zadanim vremenima usrednjavanja, i odrediti statističke parametre nužne za usporedbu. Cjelokupni postupak je povezan s nizom procjena i pojednostavljenja i, općenito, s informacijskim gubicima. Prijelaz funkcije koncentracijskog toka na diskretni skup sukcesivno vremenski usrednjenih vrijednosti može se promatrati u dva stupnja:

- (i) prijelaz na funkciju pomičnih srednjih vrijednosti;
- (ii) diskretizacija funkcije pomičnih srednjih vrijednosti duž vremenske osi.

Za prvi stupanj znakoviti su: moguća promjena srednje vrijednosti; smanjen razmak varijacija ekstrema i kvantila. Za drugi stupanj znakoviti su: stalnost srednje vrijednosti; promjenjivost varijance; smanjena vjerojatnost uočavanja ekstremnih vrijednosti.

Literatura

1. Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine br. 48., str. 1452 – 1458, 1995,
2. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, Narodne novine br. 101., str. 4198 – 4200. 1996,
3. Barbalić N., Jelavić V.: Ocjena kakvoće zraka: (I.) Sastavnice postupka ocjene kakvoće zraka; imisijske veličine i značenje mjernih vrijednosti koncentracije onečišćujućih tvari, (II) Značenje imisijskih i prijamskih uvjeta u imisijskom prijelazu; Imisijski rizik, Gospodarstvo i okoliš 5 (1997), str. 209 – 215, 389 – 393,
4. Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, Narodne novine br. 140., str. 4406 – 4425, 1997,
5. Wilbur B., Devenport, JR.: Probability and random processes, McGraw-Hill Kogakusha, Tokyo, 1970.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Korunić – Koščina, S.¹, Smajila, S.¹

Sustav imisijskog monitoringa u Rafinerija nafte Rijeka

The Ambient Monitoring System at the Oil Refinery Rijeka

Summary: *Special concern and care for air protection represent the integral part of daily practice at the Oil Refinery Rijeka.*

For this purpose, a project for imission quality monitoring network was developed. The implementation of the project, has been carried out in three phases, during the years 1988. and 1999.

The imission monitoring network includes four stations located in the vicinity of the Refinery, at the Adriatic coast, some ten kilometers south of Rijeka.

The monitoring network also includes OPSIS analysers and a data-logger system. The implemented software (IMMVISSION) is a specially designed software for communication with the OPSIS analysers and data-loggers and for presentation of the retrieved data.

The data are collected in the Refinery central computer. The continuously generated data are stored by the system's analyser, allowing information to be presented as averages for any user-defined interval (minutes, hours or days), either in real time or retrospectively.

The central computer system is connected with the analyser through optic cable. The described system enables monitoring of sulphur dioxide, nitrogen dioxide, ozone and compounds such as benzene, touene and other hydrocarbons.

The data-logger system is designed for data on hydrogen sulphide (H_2S), carbon monoxide (CO) and unburned particles contents.

In addition to the above data, data from the meteorological sensors (on wind strenght and direction) are also collected, which, together with the air quality data give a complete picture of the enviromental conditions.

Finalla, care for clean air does not end at the Refinery Rijeka battery limit, but also includes the surrounding area.

Uvod

Rafinerija nafte Rijeka za potrebe izgradnje postrojenja BLAGI HIDRO-KREKING/HIDRODESULFURIZACIJA (BHK/HDS), morala izraditi "Studiju o utjecaju na okoliš postrojenja BHK/HDS", u kojoj se definiraju mjere zaštite

1 Smiljana Korunić – Koščina, Sandra Smajila, Rafinerija nafte Rijeka

kojima se garantira dozvoljeni učin postrojenja na okoliš. Jedna od mjera propisana Studijom vezana uz problematiku onečišćenja zraka je uspostava imisijskog monitoringa.

Svrha imisijskog monitoringa

Kontrola učina Rafinerije nafte Rijeka na onečišćenje ambijentalne atmosfere, kontinuiranim mjerenjima parametara onečišćenja zraka, automatskim analizatorima s trenutnom registracijom podataka na temelju kojih se ocjenjuje stanje onečišćenosti atmosfere na užoj i široj lokaciji na Urinju.

Mjerene postaje

Imisijske postaje za praćenje i utvrđivanje kakvoće zraka instalirane su tijekom srpnja 1998.g. u blizini rafinerije: INA Inženjering, Paveki, Vrh Martinšćice i Krasica (slikovni prikaz br.1).

Lokacije mjernih postaja izabrane su po kriteriju dominantnih strujanja zraka na široj lokaciji rafinerije na Urinju i temeljem višegodišnjeg iskustva u mjerenjima postojećim monitoringom onečišćenja zraka na području županije, koje je provodio Zavod za javno zdravstvo – Rijeka.

Mjerna postaja br.1.: **INA INŽENJERING**

- Nalazi se uz samu ogradu rafinerije
- Pokazatelj je izravnog utjecaja RNR

Mjerna postaja br.2. : **PAVEKI**

- U središtu naselja u neposrednoj blizini RNR
- Pokazatelj je utjecaja RNR na stanovništvo naseljeno najbliže RNR

Mjerna postaja br.3. : **MARTINŠĆICA**

- Udaljena nekoliko km od RNR, van naselja - Vrh Martinšćice
- Pokazatelj indirektnog utjecaja RNR

Mjerna postaja br.4.: **KRASICA**

- Najudaljenija od RNR
- Za ocjenu kvalitete ambijentalne atmosfere – pokazatelj najblažih utjecaja RNR

Program praćenja

Program praćenja obuhvaća zakonom propisane parametre za industrijski pogon i ostale parametre od opće društvenog interesa (tabelarni prikaz br.1)

Tablica br.1.

PRAĆENJA	OBVEZNI ZA RNR PREMA STUDIJI MHC/HDŠ	GV98 µg/m ³		OPĆE DRUŠTVENOG INTERESA
1.godina	Lebdeće čestice	250	24 h	Ugljik - dioksid
1.godina	Simponi - dioksid	250	24 h	Pojedinačni dioksidolekidi
1.godina	Dužik - dioksid	120	24 h	Toluen
1.godina	Ugljik - monoksid	200	1 h	o,m-p-krikilol
1.godina		8000	24 h	
1.godina		1500	1 h	
1.godina	Ozon	150	24 h	Formaldehid
1.godina		180	1 h	
1.godina	Simponi - dioksid		24 h	Etil - benzen
1.godina		10	1 h	
1.godina	Amotil - dioksid		24 h	Etilen
1.godina		1000	1 h	
1.godina	Benzen	10	8 h	Propilen
				1,3-butadien
				Ciklopropan, Cikloheksan,
				Cikloheksen
				Propen, Buten

GV 98 vrijednosti ispod kojih se nalazi 98 posto izmjerenih vrijednosti

Napomena: GV propisane su Uredbom o preporučenim vrijednostima kakvoće zraka N.N. br. 101/96.

Za parametre od opće društvenog interesa nisu zakonom propisane dozvoljene GV.

Tehnički opis sustava za imisijski monitoring

Postaje – kontejneri služe za smještaj visokosofisticirane mjerne opreme te su tako i projektirane, tj. opremljene su posebnom izolacijom te klimatizacijskim i grijaćim uređajima kako bi se pružili optimalni uvjeti za rad mjerne opreme (slikovni prikaz br.2)

Specijalizirano industrijsko računalo koje se nalazi u svakoj od postaja služi za prikupljanje i osnovnu obradu podataka iz mjernih instrumenata koji su na njih povezani. Mjere se tzv. Opsis podaci za praćenje koncentracije SO₂, NO₂, O₃ i BTX, zatim Datalogger podaci za praćenje H₂S, CO i lebdećih čestica, te podaci o smjeru i brzini vjetrova i razini buke.

Opsis

- kontinuirani analizatori – mjerni instrumenti rade na osnovu DOAS principa, diferencijalne optičke apsorpcijske spektroskopije, razlike apsorpcije čistog i onečišćenog zraka,
- jednim instrumentom na otvorenoj optičkoj putanji koja se stvara između emitera i prijemnika istovremeno mjerimo veći broj polutanata,

- emiter je montiran na udaljenosti 500 m od kontejnera, na krovu kontejnera se nalazi prijemnik,
- impulsi iz prijemnika prenose se optičkim kabelom do spektrometra, a podaci se obrađuju i pohranjuju u računalu.

Analizator H₂S-a

- princip mjerenja florescencije prilikom apsorpcije UV energije,
- vakumska pumpa usisava okolni zrak u kojem se određuje H₂S, u reaktorskoj ćeliji H₂S konverzijom prelazi u SO₂,
- florescencija je proporcionalna koncentraciji H₂S u uzorku.

Analizator CO

- mjerni princip temelji se na apsorpciji IR zračenja molekula CO,
- uređaj koristi visokoenergetski grijani element za proizvodnju IR svjetla,
- CO u kružnom plinskom filteru skida iz IR energetskog svjetlosnog snopa valnu dužinu na kojoj CO apsorbira
- svjetlosna zraka prolazi kroz niz ćelija do detektora koji pretvara svjetlosni signal u promjenjivi naposki signal,
- napon je proporcionalan intenzitetu svjetlosti koji dolazi do detektora tijekom mjernog pulsa i referentnog pulsa.

Analizator lebdećih čestica

TEOM (Tapered Element Oscillating Microbalance)

- gravimetrijski instrument radi na principu mikro – vage,
- povlači okolni zrak preko staklenog filtera stalno važući filter, razlika trenutne i početne težine filtera = masa sakupljenih čestica,
- bitno je održavati konstantan protok i temperaturu
- složenim matematičkim proračunima putem ugrađeno software izračunati rezultati izražavaju se u $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Sastavni dio navedenog sustava čini **CENTRALNO RAČUNALO** koje, uz odgovarajuću programsku podršku, komunicira s navedenim postajama, prikuplja mjerne podatke iz računala pojedine postaje, obrađuje ih, te na odgovarajući način prikazuje. U biti, navedeno centralno računalo je svojevrsni Data Centar, koji uz navedeno, omogućuje daljnju distribuciju i prezentaciju podataka. Programska podrška centralnog računala sastoji se od dva programska paketa tvrtke Opsis: ImmVision i CommVision.

IMMVISION je softver dizajniran tako da prikuplja podatke iz jednog ili više izvora, bilo da su to Opsis analizatori ili Datalogeri. Podaci iz izvora se uvijek čuvaju u lokalnoj bazi podataka na centralnom računalu. Prezentacija podataka može biti u numeričkoj ili grafičkoj formi, a također je moguć prikaz podataka u realnom vremenu (real – time mode). Sustav posjeduje ugrađene makro funkcije koje omogućuju automatski ispis numeričkih i grafičkih podataka na pisač.

Također podaci mogu biti prosljeđeni na mrežni server, te na taj način postaju dostupni svim korisnicima lokalne mreže.

COMMVISION je dodatni programski paket na centralnom računalu služi za “ručno” startanje procedure modemskog povezivanja sa svakom od postaja, transfer mjernih podataka u bilo koje doba dana, omogućuje daljinski nadzor i podešavanje računala u pojedinoj postaji.

Rezultati mjerenja

Sustav je podešen tako da se svako jutro u 8⁰⁰ sati automatski dobije numerički ispis svih podataka sa svih postaja, koji se čuvaju kao zaštita od eventualno mogućeg gubitka podataka s centralnog računala. Obradom automatski generiranih ASCII datoteka s pojedine postaje u programskom paketu Excel moguće je dobiti i prošireni set grafikona, kao i različite statističke analize.

• NUMERIČKI

U prilogu prikaz numeričke obrade podataka u obliku obrasca kao prikaz srednjih mjesečnih koncentracija mjerenih parametara.

• GRAFIČKI

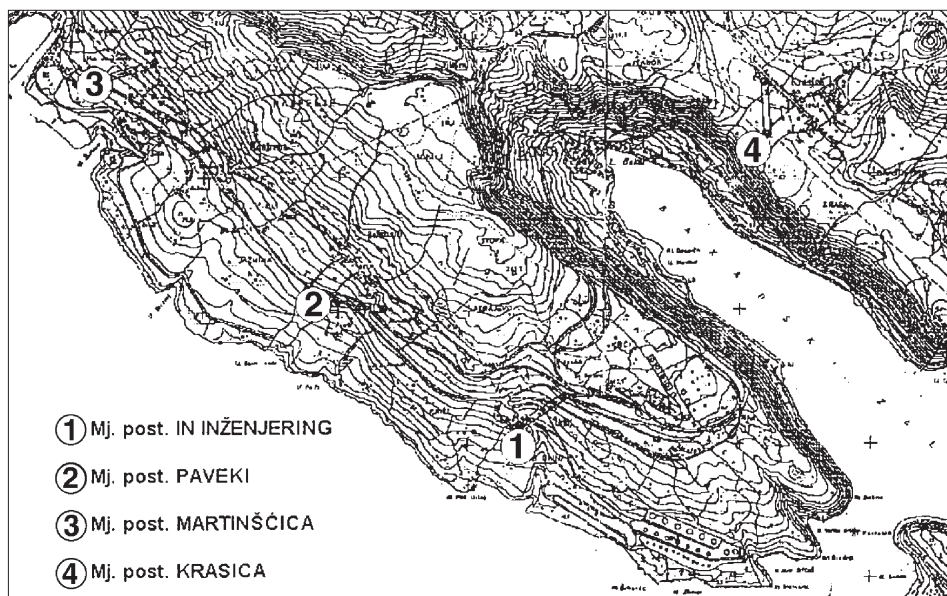
U prilogu prikaz grafičkog ispisa podataka koncentracija mjerenih parametara.

Zaključak

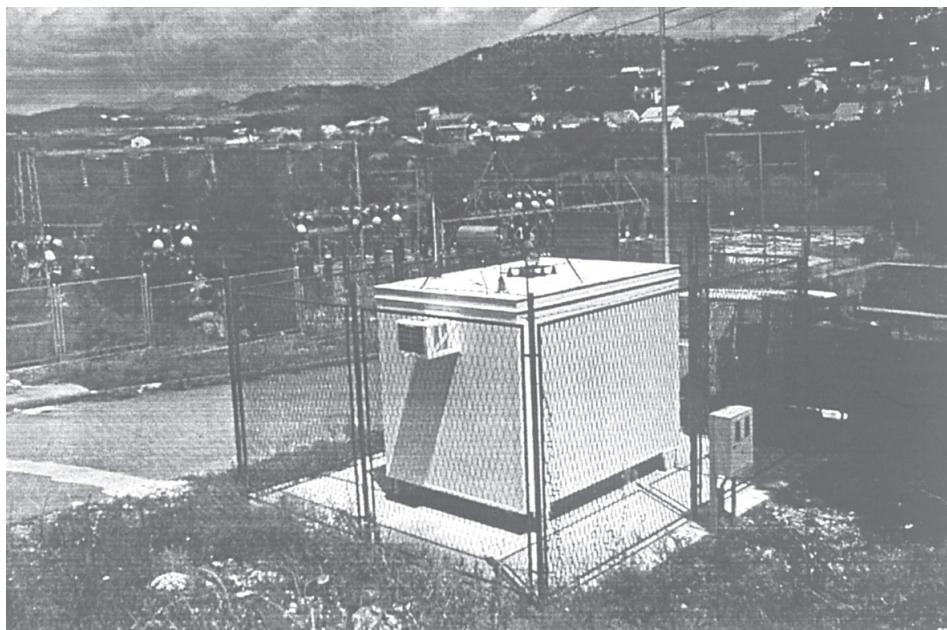
Kontinuirano mjerenje parametara onečišćenja ambijentalne atmosfere automatskim analizatorima predstavlja novinu na prostorima gdje se nalazi Rafinerija nafte Rijeka, te će principijelno promijeniti pristup kontrole ambijentalne atmosfere cijele regije iz razloga jer će to biti prvi slučaj primjene kontinuirane kontrole kakvoće okoliša u ovoj regiji.

Osnovni cilj i značenje upravljanja kakvoćom zraka je:

- očuvati zdravlje ljudi, biljni i životinjski svijet, kulturne i materijalne vrijednosti
- postići najbolju moguću kakvoću zraka
- poboljšati kakvoću zraka sprječavanjem ili smanjenjem onečišćenja
- izgradnja, opremanje, održavanje tehnoloških procesa i industrijskih pogona tako da ne ispuštaju u zrak onečišćujuće tvari iznad graničnih vrijednosti
- povremeno izvješćivanje javnosti, dostupnost podataka javnom mjenju
- postaviti sustav kao sastavni dio Državne mreže za trajno praćenje kakvoće zraka



Slikovni prikaz br. 1



Slikovni prikaz br. 2

RAFINERIJA NAFTE RIJEKA

Odsjek za zaštitu okoliša

Broj: 5/5 br.29/99. ing.SS

Urinj, 12.02.1999.

Postaja br.4. : KRASICA

Obrazac I-3/01

**Prosječne vrijednosti koncentracija mjerenih parametara
u razdoblju eksperimentalnog rada (siječanj 1999. god.)**

Parametar	L.čestice μg/m ³	H ₂ S μg/m ³	CO μg/m ³	SO ₂ μg/m ³	NO ₂ μg/m ³	O ₃ μg/m ³	C ₆ H ₆ μg/m ³
GV 98	350	5	8000	250	120	150	10
01.01.1999	18,829	8,474	1886	8,334	15,336	84,451	-1,926
02.01.1999	15,357	12,423	2226	27,555	24,781	68,033	-2,949
03.01.1999	11,471	13,066	1679	8,473	14,189	67,361	-1,411
04.01.1999	8,636	10,123	1280	8,191	13,943	76,996	-1,366
05.01.1999	33,449	13,126	1838	172,368	48,033	71,345	1,077
06.01.1999	26,435	12,965	1724	96,608	47,902	58,306	0,687
07.01.1999	26,686	12,942	1965	26,985	28,325	60,69	-0,249
08.01.1999	23,158	15,863	1718	11,886	19,539	61,792	-2,394
09.01.1999	7,686	16,033	1844	7,184	14,183	75,17	-2,232
10.01.1999	6,638	13,396	784	9,244	10,276	85,637	-1,77
11.01.1999	13,489	14,902	778	26,282	11,828	75,756	-1,394
12.01.1999	14,399	11,465	535	23,851	13,691	83,238	0,172
13.01.1999	10,722	10,657	672	12,239	13,437	82,331	-0,933
14.01.1999	15,573	9,608	1031	45,404	29,564	72,866	-0,704
15.01.1999	16,9	7,353	1110	39,683	30,354	69,295	-1,323
16.01.1999	32,272	7,756	1770	49,658	41,656	55,773	-0,598
17.01.1999	36,275	7,502	2555	43,22	37,205	53,609	-0,856
18.01.1999	38,456	9,44	2082	72,871	48,134	59,882	-0,824
19.01.1999	21,797	5,334	783	25,609	10,122	97,162	-1,094
20.01.1999	35,672	8,19	1611	106,411	47,23	85,196	1,605
21.01.1999	27,862	8,28	1404	62,724	36,396	84,58	0,75
27.01.1999	5,676	13,982	898	6,378	11,035	89,517	-1,777
28.01.1999	11,591	12,809	1087	14,564	24,413	78,063	-2,873
29.01.1999	9,76	10,42	325	9,743	12,799	73,096	-0,304
30.01.1999	13,073	5,97	6	5,368	8,048	96,363	0,0727
31.01.1999	13,65	4,398	11	7,046	8,473	96,64	0,707
Sr.vrijednost	19,06	10,63	1292,38	35,69	23,88	75,51	-114,15

Onečišćujuće tvari ispituju se temeljem: Studije utjecaja na okoliš postojenja MHC/HDS**Metode određivanja:**Granične vrijednosti (GV) propisane su: Uredbom o preporučenim vrijednostima
kakvoće zraka NN br. 101/96.

Nulta interkalibracija provedena je dana: 09.10.1998. - firma MLE, Ljubljana

Automatska kalibracija provodi se: svakodnevno - grafička obrada.

Održavanje instalirane opreme: MLU, Modling - Austrija.

Servisiranje opreme: MLE, Ljubljana je obavljeno VII, VIII, IX, X, XI, XII 1998.

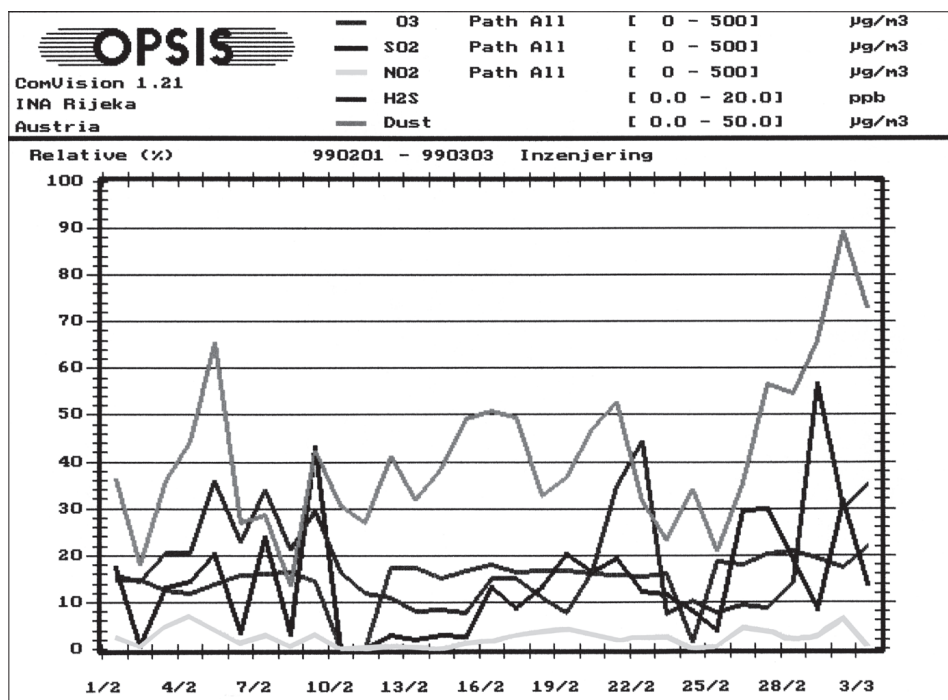
Komentar:

Zbog poremećaja u radu mjerne opreme za dane od 22. do 27.01. nema ispisa podataka.

Izvjешće sastavila: Sandra Smajila, dipl.ing. - pripravnik

Ekspertizu izvršio: Andrej Samardžić, dipl.ing. komunikacijske i tehničke potpore

Odgovorna osoba: Smiljana Korunić Koščina, dipl.ing



Privitak br. 2



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Sijerković, M.¹, Ivatek-Šahdan, S.¹, Hrabak-Tumpa, G.¹, Šojat, V.¹

Onečišćenje zraka i magla u Zagrebu

Sažetak: U proteklih tridesetak godina u središnjim je dijelovima Zagreba nastupilo znatno, za oko 50 %, smanjivanje broja dana s maglom. Glavni razlog tomu je vjerojatno klimatske naravi, jer je sličan trend zamićen i na okolnim meteorološkim postajama. Smanjenje maglovitosti može se povezati i s plinifikacijom Zagreba, odnosno sa smanjivanjem količine čestica proizvoda sagorijevanja ugljena i mazuta, koje mogu poslužiti kao kondenzacijske jezgre. Otprilike u istom razdoblju zamićeno je i smanjivanje koncentracije SO_2 i dima.

Air Pollution and Foggs in Zagreb

Summary: A 50 % decrease of foggy days during the period of last thirty years in Zagreb central city area was noticed, probably as a consequence of climate change. The same phenomenon was noticed in the neighbouring cites. Additional explanation could be found in the decrease of condensation nuclei amount in the city atmosphere due to fuel change (gas instead coal and oil). It should be pointed out that the decrease of the number of foggy days is coinciding with the decrease of SO_2 and black smoke concentrations which occurred during this period.

1. Uvod

Magla ne pripada skupini najvažnijih klimatskih elemenata, kao što su temperatura zraka i oborina, koje bitno utječu na način življenja i zamalo sve oblike ljudskih djelatnosti. Zbog toga su istraživanja o klimatskim obilježjima i promjenama maglovitosti u pojedinim mjestima ili područjima malobrojna. Takva istraživanja mogu biti vrlo važna za područja gdje se magla često zamjećuje, posebice zbog njezina utjecaja na promet, jer prisutnost magle smanjuje vidljivost, ali i s ekološkog gledišta, u vezi tvorbe i promjene tzv. gradske klime, zbog utvrđene povezanosti magle i onečišćenja gradskog zraka (Landsberg, 1981). Ona mogu biti poticaj za poduzimanje opsežnih akcija zaštite okoliša, kao što je to svojedobno učinjeno u Londonu s izvanrednim rezultatima (Fugaš, 1996).

U proteklim desetljećima zamićeno je na području Zagreba smanjivanje maglovitosti (Anonimus, 1972; Ivatek-Šahdan, 1997), pri čemu se pod tim pojmom smatra samo jedno od obilježja magle, a to je broj dana s maglom. Dosad nisu

¹ Milan Sijerković, Stjepan Ivatek-Šahdan, Gordana Hrabak-Tumpa, Višnja Šojat, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

istraživani uzroci smanjivanja maglovitosti na području Zagreba, što će biti donekle nadoknađeno ovim radom.

2. Magla i urbanizacija

Atmosfera je u velikim industrijskim i gusto naseljenim područjima često jako onečišćena. Najveći izvori onečišćenja u takvim naseljima su proizvodni pogoni (tvornice), promet i kućna ložišta. Poglavitito zahvaljujući sagorijevanju fosilnih goriva, gradski zrak sadržava različite plinove i aerosol (čvrste čestice i tekuće kapljice), koji mijenjaju sastav i čistoću zraka. Pojedine su vrste takvih čestica higroskopske i služe kao jezgre na kojima nastaje ukapljivanje vodene pare, što su početni elementi magle. Zbog toga je na području velikih gradova magla ljeti češća 30 %, a zimi čak 100 % u usporedbi s manje onečišćenom okolicom (Landsberg, 1981). I trajanje gradske magle je dulje, zato što su kapljice magle otopine različitih kemijskih tvari, pa mogu opstati i u nezasićenim uvjetima vlage, kad temperatura zraka postaje višom od temperature rosišta.

Prisutnost magle u gradu povećava onečišćenost zraka. Meteorološke okolnosti nastanka i prisutnosti magle (slabo strujanje zraka, temperaturna inverzija) takve su da se najveći dio emisije onečišćenja zadržava u području grada, i to u nižim slojevima zraka. Zato je u danima s jakom i dugotrajnom maglom koncentracija onečišćenja izrazito visoka i može se povećavati sve dok traje magla, pod uvjetom da ne nastupi prestanak emisije onečišćenja. U takvim okolnostima vidljivost je vrlo slaba, što nepovoljno utječe na gradski promet. Zbog prisutnosti mnoštva sićušnih lebdećih vodenih kapljica mogućnost štetnog djelovanja SO_2 (tvorba sulfatne a potom sulfatne kiseline) i drugih kemijskih komponenti onečišćavanja posebice je velika. (Šojat, 1977; Šoljić, 1991; Šojat, 1999). Među inim, naglo se povećava broj oboljelih na dišnim organima (Gomzi, 1996).

Istraživanja su pokazala (Anonimus, 1972; Fugaš, 1996) da je prostorna i vremenska raspodjela magle u Zagrebu uvelike povezana s onečišćenjem zraka kao posljedice ljudske aktivnosti u gradu. Središnji dijelovi grada, gdje su izmjerena najveća onečišćenja, imaju najveći broj dana s maglom, a i najdugotrajnije magle. Magla je najčešća u zimskim mjesecima, kada kućna ložišta postaju znatnim izvorom onečišćenja. Utvrđeno je da hladne magle dugog trajanja i velike gustoće pogoduju nastanku visokih prosječnih koncentracija SO_2 .

3. Trend broja dana s maglom u Zagrebu i njegovi mogući uzroci

Službeni podaci o magli u Zagrebu postoje već od početka neprestanih vremenskih opažanja na meteorološkoj postaji na Griču, od prosinca 1861. Međutim, kritična raščlamba podataka upozorava na njihovu prihvatljivu pouzdanost tek od godine 1921. (Penzar i dr., 1992).

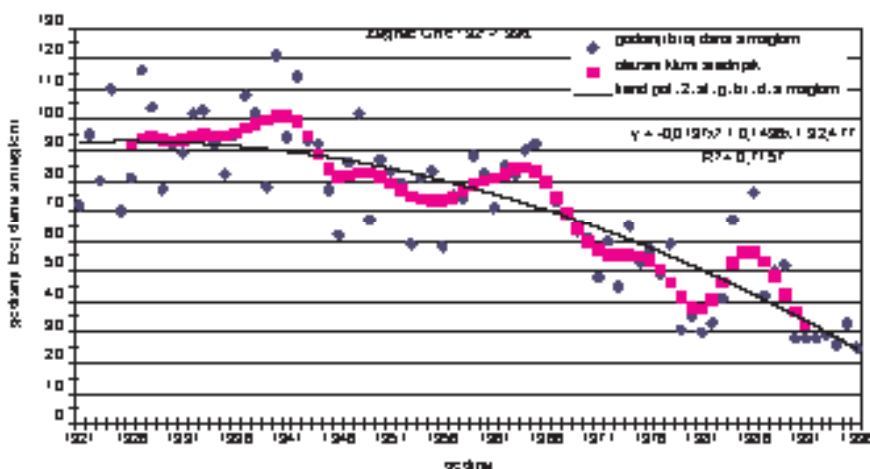
U proteklih nekoliko desetljeća uočene su međugodišnje promjene broja dana s maglom, što je posljedica uobičajene klimatske promjenljivosti. Postoje li kakve sustavne, koliko-toliko pravilne promjene maglovitosti i, ako postoje, čime se mogu protumačiti?

Već jednostavna usporedba prvog i posljednjeg 30-godišnjeg niza broja dana s maglom u promatranom razdoblju (1921.-1990.) otkriva smanjivanje broja dana s maglom (tab.1.).

Tablica 1. Usporedba broja dana s maglom u različitim razdobljima, Zagreb-Grič

	Razdoblje	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Srednja
(a)	1921-1990	18,4	14,4	9,4	2,3	1,0	0,4	0,4	1,9	3,9	12,4	14,0	17,3	98,6
(b)	1961-1990	12,9	10,9	4,1	2,0	0,2	0,2	0,1	0,4	2,4	4,7	10,8	12,7	66,3
(c)	1981-1990	11,9	9,9	4,1	1,3	0,2	0,3	0,1	0,0	1,8	4,4	8,3	10,3	53,0
	(b)-(a)	-5,7	-3,5	-5,3	-0,3	-0,8	-0,2	-0,3	-1,5	-1,5	-4,7	-5,2	-4,8	-32,3
	(c)-(a) (%)	64	69	43	52	20	75	25	0	46	37	53	59	54

Smanjivanje maglovitosti prisutno je u svim mjesecima, pri čemu je najveće u hladnijoj polovini godine (listopad-ožujak), kada je magla i najčešća. Početkom razdoblja bilo je godišnje prosječno oko 99 dana s maglom, a potkraj za trećinu manje. Usporedimo li najraniji niz s prosjekom u posljednjem desetljeću (1981.-1990.), tada je smanjivanje broja dana s maglom još naglašenije i iznosi oko 50 %. Smanjivanje godišnjeg broja dana s maglom u razdoblju 1921.-1996. još se bolje uočava na sl.1., na kojoj su prikazane varijacije godišnjih binomnih kliznih srednjaka i trend. Trend je određen pomoću polinoma drugog stupnja u kojem je y ukupni godišnji broj dana s maglom, a x vremenski niz (godina -1921). Jakost povezanosti ocijenjena je pomoću koeficijenta korelacije (R).



Sl.1. Varijacije godišnjeg broja dana s maglom, binomni klizni srednjaci i trend u razdoblju 1921.-1996., Zagreb-Grič

Prema trendu, na početku je razdoblja bilo devedesetak, a potkraj razdoblja samo tridesetak dana s maglom. U prva dva desetljeća broj dana s maglom nije se zamjetno mijenjao, a zatim je nastupilo postupno smanjivanje, koje sredinom sedmog desetljeća postalo intenzivnije.

Što je uzrok naznačenim varijacijama i trendu?

Uzroka može biti nekoliko, ali su najvjerojatniji oni klimatske naravi. Pretpostavimo li da je tako, tada bi se slične promjene maglovitosti morale zamjećivati i na okolnim meteorološkim postajama.

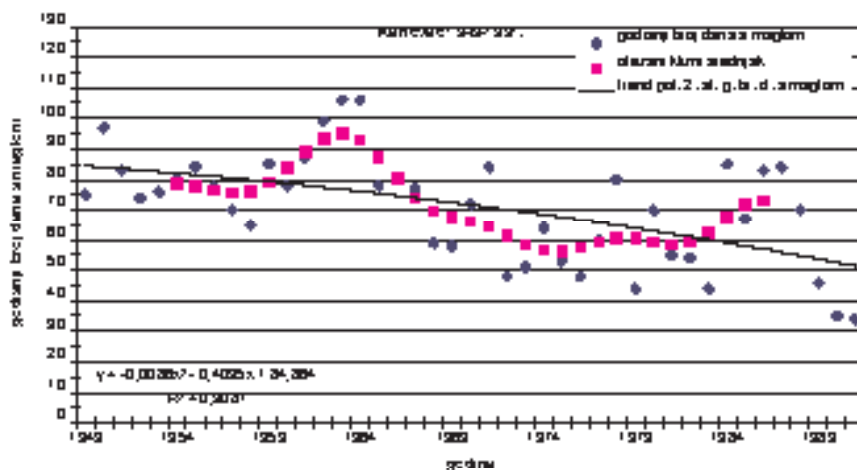
Karlovac, s obzirom na temperaturna i oborinska obilježja klime, pripada istom klimatskom tipu kao i Zagreb – tip C_{fbx} prema Koeppenovoj klasifikaciji (Anonimus, 1971).

U Karlovcu je u razdoblju 1949.-1991. zamijećeno, kao i u Zagrebu, smanjivanje godišnjeg broja dana s maglom. Pritom je trend zamalo linearan, ali je smanjivanje maglovitosti izraženije u Zagrebu nego u Karlovcu. Sličnost se očituje i u položaju maksimuma (posebice oko 1963. i 1986.) i minimuma na krivulji kliznih srednjaka (sl.2.). Trend smanjenja broja dana s maglom uočen je i u Ljubljani, u susjednoj Sloveniji (Petkovšek, 1996).

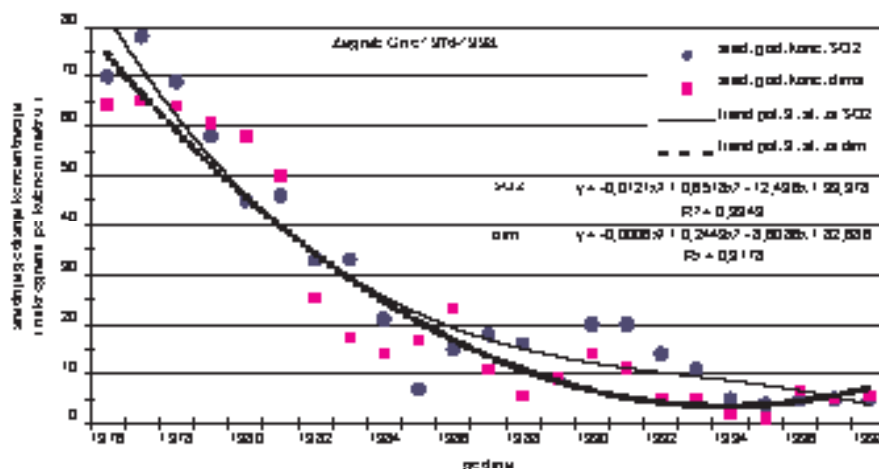
Povoljne su okolnosti za nastanak i prisutnost magle niska temperatura zraka i velika količina vlage u zraku (Gelo, 1994). Porast temperature zraka, pogotovo u hladnijoj polovini godine, kada se u Zagrebu zamjećuje glavnina dana s maglom, mogao bi se povezati sa smanjivanjem broja dana s maglom. Utvrđeno je da je u Zagrebu magla najčešće radijacijska i obično nastaje u onome dijelu dana kada je temperatura zraka minimalna (Anonimus, 1972; Ivatek-Šahdan, 1997). Za Zagreb je utvrđena tendencija porasta minimalne temperature zraka u ovom stoljeću (Zaninović, Gajić-Čapka, 1995). Čak se i u varijacijama zamjećuje prilična sukladnost pojave razdoblja niže minimalne temperature i većeg broja dana s maglom, odnosno više temperature i smanjene maglovitosti.

Intenzivnost smanjenja broja dana s maglom u središnjem području grada može biti posljedica promjene mjesne klime, koja se očituje porastom temperature i smanjenom relativnom vlažnosti (Anonimus, 1972) u vezi s urbanizacijom. Porast gradske temperature u usporedbi s okolicom (poznat kao "toplinski otok") posljedica je prisutnosti antropogenih izvora topline i smanjenog ohlađivanja dugovalnim zračenjem. Toplinski otok potiče konvektivna gibanja prema središtu grada, koja donose vlažniji zrak iz okolice. Dizanje tog zraka uzrokuje nastanak izdignute magle ili niskog stratusa čime se razbija magla pri tlu (Petkovšek, 1996). Mogući razlog smanjivanja broja dana s maglom u Zagrebu u proteklih tridesetak godina jest i smanjivanje onečišćenja zraka. Na osnovi mjerenja koncentracije SO_2 i dima na Griču utvrđeno je postojanje tendencije smanjivanja njihovih srednjih godišnjih koncentracija (sl.3.).

Uzrok smanjivanju onečišćenja može biti plinifikacija Zagreba, odnosno zamjena drva, ugljena i mazuta u kućnim ložištima s ekološki prihvatljivijim energentom plinom. Taj je proces intenziviran sedamdesetih godina i, uz kraće prekidne, nastavljen je do najnovijeg vremena (sl.4.).

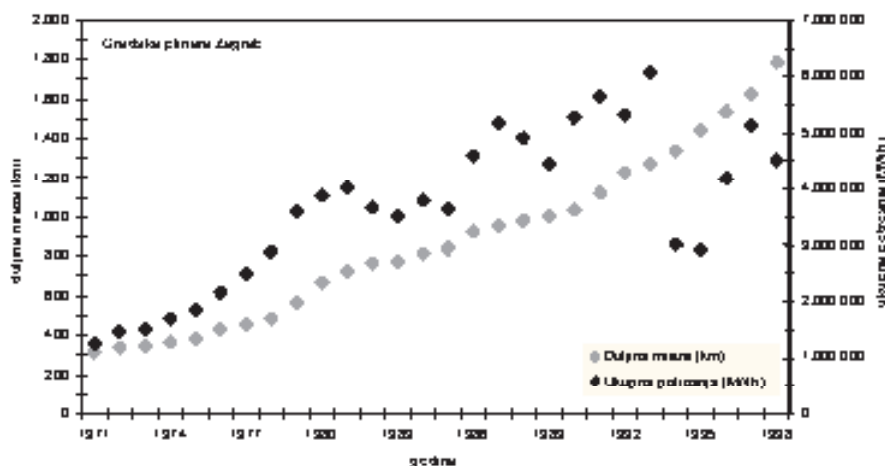


Sl.2. Varijacije godišnjeg broja dana s maglom, binomni klizni srednjaci i trend u razdoblju 1949.-1991., Karlovac



Sl.3. Trend smanjivanja srednje godišnje koncentracije SO₂ i dima u razdoblju 1976.-1998., Zagreb-Grič

Uz to se u južnom i zapadnom dijelu Zagreba veliki broj naselja grije centralnim sustavom iz termoelektrana-toplana. Na taj je način smanjeno ispuštanje dima i drugih higroskopskih tvari u atmosferu, kao potencijalnih kondenzacijskih jezgara koje potiču nastanak magle.



Sl.4. Plinifikacija u Zagrebu u razdoblju 1971.-1998.

4. Zaključak

U Zagrebu je u proteklih tridesetak godina zamijećeno znatno smanjivanje broja dana s maglom, najznatnije u središnjim područjima grada tijekom hladnije polovine godine. Smanjivanje broja dana s maglom može biti posljedica:

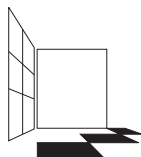
klimatskih promjena,
promjena mjesne klime zbog urbanizacije,
smanjivanja onečišćavanja grada.

Klimatske promjene su u vezi s uočenim porastom temperature zraka, kao dijela regionalnog ili čak globalnog procesa. Tome se može pridodati i porast temperature ("toplinski otok") kao posljedice urbanizacije. Smanjivanje onečišćenja gradskog zraka, što se očituje smanjivanjem koncentracije SO_2 i dima, kao posljedice zamjene ugljena i mazuta za kućna ložišta s plinom, također može pridonijeti smanjivanju broja dana s maglom. Na taj se način smanjuje broj higroskopskih jezgara kondenzacije koje potiču nastanak elemenata magle.

Literatura i izvori podataka

1. Anonimus, 1971: Klimatski podaci SR Hrvatske, Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, klimu Hrvatske, Serija II Broj 5, Zagreb, 127 str.
2. Anonimus, 1972: Osnovni meteorološki faktori koji djeluju na zagađenost zraka u centru Zagreba. Republički hidrometeorološki zavod SR Hrvatske, elaborat, Zagreb, 350 str.
3. Fugaš, M., 1996: Onečišćenje zraka. Meteorologija za korisnike, Školska knjiga i Hrvatsko meteorološko društvo, 148-163.

4. Gelo, B., 1994: Opća i prometna meteorologija. I dio. Školska knjiga, 214 str.
5. Gomzi, M., 1994: Onečišćenje vanjskog zraka i zdravlje. Meteorologija za korisnike, Školska knjiga i Hrvatsko meteorološko društvo, 171-177.
6. Ivatek-Šahdan, S., 1997: Horizontalna vidljivost na aerodromu Zagreb-Pleso. Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Geofizički zavod "Andrija Mohorovičić", diplomski rad, Zagreb, 76 str.
7. Lansberg, H. E., 1981: The urban climate. International Geophysical Series 28, Academic press New York, London.
8. Penzar, I., J. Juras, A. Marki, 1992: Long-term meteorological measurements at Zagreb: 1862-1990. Geofizika, 9, 171 pp.
9. Petkovšek, Z., 1996: Urban climate change in a fog case. Proceeding of 14th international Congress of Biometeorology 1-8 September 1996, Ljubljana, Biometeorology 14, Part 2, Volume 3, 305-310.
10. Šojat, V., 1977: Srednji hod jednosatnih koncentracija sumpornog dioksida i strujanje na opservatoriju Zagreb-Grič, Zbornik radova savjetovanja "Meteorološki, hidrološki i biometeorološki aspekti zagađenja zraka, voda i tla", Ohrid, 17.-19. svibnja 1977, 243-281.
11. Šojat, V., D. Borovečki, K. Margeta, 1999: Kisele oborine na području Hrvatske, XVI hrvatski skup kemičara i kemijskih inženjera, 23.-26. veljače, Split, poster, Sažeci, 341.
12. Šoljić, Z., I. Eškinja, V. Šojat, A. Vrhovec, 1991: Usporedba kemijskog sastava oborine na meteorološkim stanicama Grič u Zagrebu i Zavižan na Velebitu, Ekologija, Vol. 24, No. 2, 107-119.
13. Zaninović, K., M. Gajić-Čapka, 1995: Extreme temperature changes in this century in Croatia. Hrvatski meteorološki časopis, 30, 21-26.
14. Državni hidrometeorološki zavod: Arhivski podaci o magli u Zagrebu i Karlovcu, o onečišćenju zraka (SO₂ i dim) u Zagrebu,
15. Gradska plinara Zagreb: Podaci o duljini gradske mreže plinovoda i potrošnji plina.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Đuričić, V., Vidič, S., Šojat, V.¹

Atmosferski doprinos problemu eutrofikacije sjevernog Jadrana

Sažetak: U ovom radu problem eutrofikacije sjevernog Jadrana razmatra se kroz analizu donosa duši-kovih spojeva putem atmosfere. Sa ciljem procjene količine mokrog taloženja dušika (reduciranog i oksidiranog), analizirani su podaci ionskog sastava dnevnih uzoraka oborine sa postaja Rijeka, Pula i Senj, u razdoblju 1981.-1995. god. Rezultati proračuna potvrđuju pretpostavku da atmosferski donos dušikovih spojeva na promatrano područje nije zanemariv. Ukupno godišnje taloženje dušika od 1 do 4 g/m² značajno doprinosi ekološkoj neravnoteži i eutrofikaciji. Kako je područje sjevernog Jadrana zbog svog geografskog položaja, složene orografije, specifičnih meteoroloških uvjeta, te velikog broja izvora emisije onečišćenja, osobito osjetljivo s ekološkog stajališta, potrebno je pratiti stanje kakvoće zraka i oborine, trendove promjena i poduzimati odgovarajuće mjere zaštite.

Atmospheric Contribution to Eutrophication of the Northern Adriatic

Summary: The eutrophication of the northern Adriatic is considered through the atmospheric input of inorganic nitrogen. For that purpose, wet deposition of NO₃⁻-N and NH₄⁺-N ions from daily precipitation samples at stations Rijeka, Pula and Senj, for the 1981-1995 period was analysed. Yearly wet deposition of 1 to 4 g N/m² significantly contribute to ecological imbalance and eutrophication. Northern Adriatic is ecological very sensitive, because of its geographic position, complex orography, specific meteorological conditions and great number of pollution sources. Predominant airflow is from the land to the sea. Precipitation amount is high in the area of the highest air pollution, which results in high wet deposition. Meteorological conditions are unfavourable for dispersion and transport in 32% of the time which results with strong contribution of local pollution sources to wet deposition. Therefore, air and precipitation quality and their trends have to be carefully followed, and all precaution measures have to be taken in order to prevent more damage.

¹ Vesna Đuričić, Sonja Vidič, Višnja Šojat, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

1. Uvod

Jedan od mnogobrojnih oblika utjecaja čovjeka na okoliš je onečišćenje atmosfere kao rezultat ljudskih aktivnosti. Primjer je unos antropogenih nutrijenata, prvenstveno dušikovih i fosfornih spojeva, u obalna područja, što može rezultirati dugoročnim propadanjem morskog eko-sistema. Iako su nutrijenti u osnovi neophodni za život u moru, njihov preko-mjeran unos može prouzročiti značajno propadanje kvalitete vode, kronične ili povremene štetne i toksične utjecaje na zdravlje, kao i negativan utjecaj na estetske i rekreacijske karakteristike područja. Novija istraživanja biogeokemijskog ciklusa elemenata u tragovima u morskim ekosustavima pokazala su veliku važnost unosa onečišćenja putem atmosfere (Eškinja i dr., 1996). Studije nekih područja, kao što je zaljev Chesapeake (USA) pokazale su da atmosferski donos otopljenog anorganskog dušika ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$, komponente u oborini) čini 25-35% ukupnog opterećenja tim primarnim nutrijentima (Fisher i Oppenheimer, 1991; Hinga i dr., 1991; Scudlark i Church, 1993). U sjevernom Jadranu glavni izvori antropogene atmosferske emisije dušika su izgaranje fosilnih goriva, naftna industrija i promet, te u manjoj mjeri poljoprivredne aktivnosti. Posljednjih dvadesetak godina dogodila se serija neželjenih događaja kao posljedica eutrofikacije: "cvjetanje mora", invazija meduza i drugih sličnih vrsta, povećana učestalost pojave toksičnih bičaša (dynoflagellate) (Smoldaka, 1994).

Državni hidrometeorološki zavod održava mrežu mjerenja kvalitete zraka i oborine na području Hrvatske na regionalnoj bazi. Na meteorološkim postajama, najčešće u predgrađu naseljenog mjesta, sakupljaju se uzorci oborine iz kojih se kemijskom analizom određuje ionski sastav. Bit praćenja kvalitete oborine jest procjena utjecaja udaljenih izvora, premda utjecaj lokalnih izvora nije uvijek moguće izbjeći (lokalno ispiranje atmosfere za pljuskova kiše iz oblaka dnevnog razvoja, karakteristično za ljetno razdoblje).

Cilj ovog rada je procjena donosa dušikovih spojeva putem atmosfere na područje sjevernog Jadrana. U tu svrhu analizirani su podaci ionskog sastava dnevnih uzoraka oborine, prvenstveno komponente NO_3^- -N i NH_4^+ -N, u razdoblju 1981.-1995. mjerenih na postajama Rijeka, Pula i Senj. Uz analizu osnovnih meteoroloških pokazatelja proračunato je i ukupno mokro taloženje dušikovih spojeva.

2. Područje istraživanja

Sjeverni Jadran, osobito Kvarnerski zaljev, jedno su od najonečišćenijih područja Hrvatske, naročito njenog obalnog dijela. Složene meteorološke prilike uslijed čestih prolaza ciklona i fronti, generiranja sekundarnih ciklona, specifičnog orografski modificiranog strujanja i drugog, rezultat su specifičnog položaja i kompleksne orografije. Uz to, u sjevernom dijelu Kvarnerskog zaljeva nalazi se najveći urbano-industrijski kompleks Rijeka, sa mnogo-brojn timer visokim i niskim

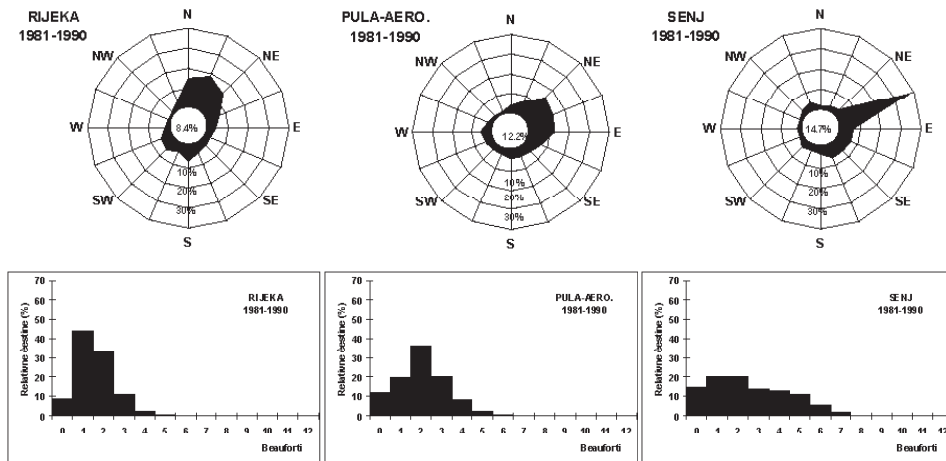
izvorima onečišćenja. Područje Rijeke i Kvarnerskog zaljeva bilo je predmet mnogih istraživanja (DHMZ, 1992; Đuričić, 1989; Đuričić i Vidič, 1992; Đuričić, Bajić i Šojat, 1997; Šojat, Vidič i Borovečki, 1996). U ovom radu korišteni su podaci meteoroloških postaja Rijeka, Senj i Pula. Prema kategorizaciji Svjetske meteorološke organizacije sve tri postaje su tzv. "impact" postaje, pod utjecajem lokalnih izvora onečišćenja. Postoje razlike u mikrolokaciji; npr. Rijeka je pod jačim utjecajem industrije i prometa, Pula ima jači utjecaj mora, dok je Senj podvrgnut jačem utjecaju bure.

3. Podaci i metode

U radu su obrađeni podaci dnevnih, bulk uzoraka oborine iz petnaestgodišnjeg razdoblja 1981.-1995. sa meteoroloških postaja Rijeka, Pula i Senj. Tijekom 24 sata sakuplja se oborina tzv. bulk metodom (sakupljač se ne pokriva tijekom dana, pa je u uzorku oborine sa-držano i dnevno suho taloženje). Standardnim metodama, propisanim od Svjetske meteorološke organizacije (EMEP, 1989, 1991) analitički se određuje ionski sastav. U ovom radu prikazani su samo dušikovi ioni koji doprinose eutrofikaciji (NO_3^- -N i NH_4^+ -N). Uzorci su podvrgnuti kontroli ionske ravnoteže, i u daljnju obradu uzeti su samo oni koji zadovoljavaju kriterij ionske ravnoteže. Podaci koncentracija oksidiranog i reduciranog dušika, kao i podaci količine oborine i broja dana s oborinom, obrađeni su osnovnim statističkim metodama. Mokro taloženje proračunato je kao produkt srednje volumno otežane koncentracije i ukupne količine oborine u određenom razdoblju. Ruže vjetra izrađene su iz satnih vrijednosti smjera i brzine vjetra mjerenih anemografom, za postaje Rijeka i Senj, dok su za Pulu ruže vjetra izrađene iz terminskih podataka smjera i jačine vjetra (u klimatološkim terminima 7, 14 i 21 sat).

4. Rezultati

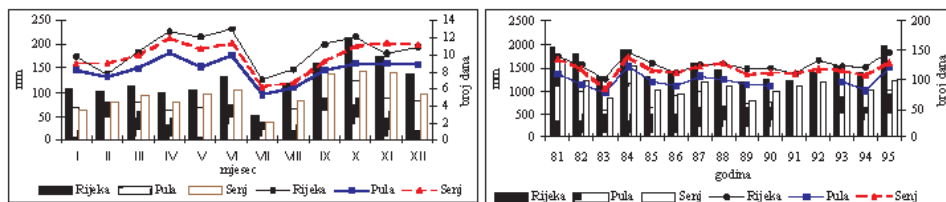
Na sjevernom Jadranu, u godišnjem prosjeku, prevladava bura (vjetar N-E smjera, sl. 1), i to na području Rijeke najčešće NNE smjer, Pule NE, a Senja ENE, što je uglavnom lokalno uvjetovano. Najčešće brzine vjetra su između 0.3 i 3.3 m/s, što odgovara jačini 1 i 2 bofora (lahor, odnosno povjetarac). Na području Senja veće brzine vjetra su češće nego na ostale dvije lokacije. Razlog tome je česta pojava bure, lokalno uvjetovana kanalizirajućim efektom prolaska zračne struje kroz Vratnik na Velebitu (Makjanić, 1966; Lukšić, 1975; Bajić, 1989). Bura je najčešća zimi i vezana je za raspodjelu tlaka na većoj, sinoptičkoj skali, ali se javlja i uz frontalne poremećaje. Ovakvo prevladavajuće strujanje omogućava prijenos onečišćenja s kopna na more. Ono je jednim dijelom regionalnog porijekla, ali obzirom da su najčešće brzine vjetra relativno slabe, postoje i uvjeti za doprinos lokalnih izvora.



Slika 1. Godišnja razdioba čestina smjera (gore) i brzine (dolje) vjetra u Rijeci, Puli i Senju, u razdoblju 1981.-1990.

Oborina je jedan od prostorno najpromjenjivijih meteoroloških parametara. Ipak, promatrane tri lokacije imaju sličan godišnji hod količine oborine kao i broja dana s oborinom (sl. 2, lijevo). Najviše oborine padne u jesen i početkom zime, dok broj dana s oborinom ima maksimum u travnju ili lipnju. Ljeti i u kasno proljeće ima više pljuskova, dok u jesen i zimi padaju dugotrajnije oborine u većoj količini, pa zbog toga količina i broj dana s oborinom nemaju maksimume istog mjeseca. Gledano sa stanovišta onečišćenja, dugotrajnije oborine hladnog dijela godine vezane su za prolaskе ciklona i frontalnih poremećaja koji dolaze uglavnom sa zapada i sjeverozapada Europe, praćene jakim vjetrom u tzv. oborinskom tipu vremena (Lončar i Bajić, 1994). U tim okolnostima onečišćenje oborine je većim dijelom porijeklom od udaljenih izvora. S druge strane, pljuskovite oborine, češće u toplom dijelu godine, vezane su uz radijacijski tip vremena, maksimalnu turbulentnu razmjenu po vertikali i slabe vjetrove, dakle uvjete u kojima onečišćenje uglavnom ostaje u izvorišnom području. Stoga je u tim uvjetima onečišćenje oborine većim dijelom lokalnog porijekla.

Iz ukupne godišnje količine oborine i broja oborinskih dana u promatranom razdoblju (sl. 2, desno) vidi se da najviše oborine i oborinskih dana ima na području Rijeke, nešto manje u Senju, a najmanje u Puli. U Rijeci padne u prosjeku oko 350 mm godišnje više oborine nego u Senju, te oko 627 mm više nego u Puli. Te su razlike bitne kod proračuna mokrog taloženja koje je produkt srednje koncentracije onečišćenja i ukupne količine oborine. Tako može na lokaciji gdje koncentracije onečišćenja i nisu osobito visoke, ali padne velika količina oborine, opterećenje tla mokrim taloženjem biti veće nego drugdje gdje su koncentracije visoke, ali uz malo oborine manje se tog onečišćenja mokro istaloži na tlo.



Slika 2. Godišnji hod srednje mjesečne količine oborine (mm, stupići) i broja dana s oborinom ≥ 0.1 mm (linije) (lijevo) i ukupna godišnja količina oborine (mm, stupići) i godišnji broj dana s oborinom ≥ 0.1 mm (linije) (desno) u Rijeci, Puli i Senju u razdoblju 1981.-1995.

Treba napomenuti da je kemijski analizirano u Puli 54%, u Rijeci 86%, te u Senju 95% oborine. Od analiziranih uzoraka neki ne zadovoljavaju kriterij ionske ravnoteže. U ovom su radu uzeti u obzir samo uzorci koji zadovoljavaju kriterij ionske ravnoteže, a oni u Rijeci čine 33%, u Senju 34%, a u Puli 39% ukupno analizirane oborine. Ova kritička kontrola podataka bitno smanjuje broj uzoraka čiji podaci su ovdje obrađeni (N u tablici 1).

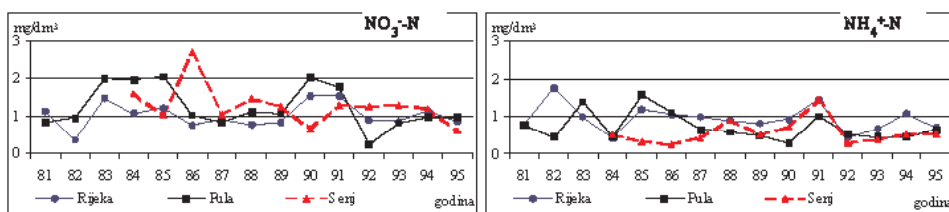
Osnovni statistički parametri koncentracije dušikovih iona u oborini dani su u tablici 1. Na sve tri lokacije prosječna koncentracija dušika iz nitrata veća je nego iz amonijaka. Koncentracije i oksidiranog i reduciranog dušika u oborini dosta variraju, što se vidi iz varijabilnosti i standardne devijacije. Iako su maksimalne dnevne koncentracije izmjerene u promatranom razdoblju visoke, one su relativno rijetke; 95% koncentracija niže je od 4 mg/dm^3 . U Rijeci i Senju maksimalne dnevne koncentracije $\text{NO}_3\text{-N}$ iona veće su od $\text{NH}_4^+\text{-N}$, a u Puli obrnuto.

Tablica 1. Statistički parametri koncentracija dušikovih iona u oborini (mg/dm^3) iz uzoraka koji zadovoljavaju kriterij ionske ravnoteže, u Rijeci, Puli i Senju, za razdoblje 1981.-1995. (N =broj uzoraka; x_{vo} =volumno otežani srednjak; s =standardna devijacija; varijabil.(%)=standardna devijacija izražena u postocima srednje vrijednosti; medijan=50-i percentil; c_{95} =95-i percentil; max=maksimalna dnevna koncentracija).

	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$	$\text{NH}_4\text{-N}$
$\bar{x}$	240	221	172	167	290	224
x_{vo}	0.94	0.88	1.23	0.73	1.24	0.48
s	1.36	1.03	1.52	1.38	1.16	0.78
varijabil.(%)	14.5	11.7	124	180	04	162
medijan	0.81	0.62	1.11	0.90	1.25	0.33
c_{95}	3.25	3.53	3.95	2.75	3.65	1.81
max	12.10	5.40	11.00	14.90	9.43	8.90

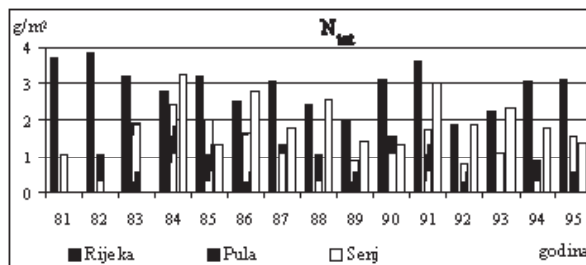
Srednje godišnje koncentracije i nitratnih i amonij iona kreću se između 0.2 i 2 mg/dm^3 (sl. 3). Od 1982. do 1985. godine najviše $\text{NO}_3\text{-N}$ iona bilo je u Puli.

Slijedećih pet godina koncentracija nitrata u Puli opada, da bi početkom rata ponovno porasla. Najmanje nitrata u oborini u Puli bilo je 1992. godine, što se vjerojatno može pripisati smanjenoj industrijskoj aktivnosti nakon Domovinskog rata. Nakon 1992. godine srednja godišnja koncentracija nitrata u oborini je uglavnom na razini 1 mg/dm^3 . Hod srednjih godišnjih koncentracija nitrata u Rijeci manje više slijedi onaj iz Pule, sa nešto nižim vrijednostima, osim 1992. kada u Rijeci nije zabilježen nagli pad kao u Puli. Srednje godišnje koncentracije nitrata u Senju jako variraju iz godine u godinu, često suprotno nego u Rijeci i Puli. Koncentracije amonij iona niže su i manje variraju iz godine u godinu od nitrata. Srednje godišnje koncentracije kao i njihove promjene od 1988. godine vrlo su slične na sve tri lokacije. U Rijeci i Puli sličnost postoji već od 1983, dok su u Senju od 1985. do 1987. koncentracije amonij iona bile znatno niže.



Slika 3. Srednje godišnje koncentracije dušikovih iona u oborini (mg/dm^3) u Rijeci, Puli i Senju, u razdoblju 1981.-1995.

Atmosfersko onečišćenje dolazi do tla suhim i mokrim taloženjem (ispiranjem oborinom). Od promatrane tri lokacije najviše se dušika istaložilo oborinom u Rijeci, između 2 i 4 g/m^2 godišnje (sl. 4). Najopterećenije su bile 1981., 1982., te 1991. godina. Nakon 1992. godine mokro taloženje dušika ponovo raste, što bi trebalo biti zabrinjavajuće. U Puli se mokro taloženje dušika kretalo do 2 g/m^2 godišnje, osim 1984. godine. Te je godine najveće taloženje bilo i u Senju. Razlog je s jedne strane veća količina oborine (sl. 2), ali i visoka koncentracija nitrata na obje postaje (sl. 3). U Senju mokro taloženje dušika najviše varira, kao i koncen-



Slika 4. Ukupno godišnje mokro taloženje dušika (iz NO_3^- i NH_4^+ , g/m^2) u Rijeci, Puli i Senju u razdoblju 1981.-1995.

tracije, i kreće se između 1 i 3 g/m². Premda su koncentracije dušikovih oksida u zraku veće u Puli, mokro taloženje je veće u Rijeci zbog veće količine oborine. Na području Senja, premda je provjetravanje vrlo dobro, mokro taloženje je prilično veliko, u većini godina sličnije onom iz Rijeke nego iz Pule. Veći dio otpada na nitrata, čiji izvor su uglavnom industrija i promet, porijekla većim dijelom od udaljenih izvora.

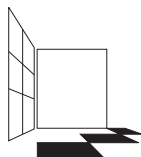
5. Zaključak

Na području sjevernog Jadrana godišnje mokro taloženje dušika kreće se između 1 i 4 g/m², ovisno o lokaciji. Najveće je na području Rijeke iako prosječne godišnje koncentracije u zraku nisu najviše. Međutim, Rijeka, između promatranih lokacija, dobiva najviše oborine. Premda su koncentracije u zraku (naročito nitrata) najviše u Puli, mokro taloženje je najniže, zbog najmanje količine oborine. Granica štetnosti za tlo i površinske vode od dušika iz nitrata iznosi 1-2 g/m². Taloženje dušika samo iz nitrata na sve tri lokacije kreće se u tim granicama. No, kad se doda i taloženje dušika iz amonijaka, opterećenje tla i voda (rijeka i mora) prelazi granice dopustivog, pa su moguće i štetne posljedice. Nepovoljna je činjenica da, sudeći prema prevladavajućem strujanju zraka s kopna na more, velik dio dušikovih spojeva doprije u Jadransko more, i sudjeluje u eutrofikaciji. Klimatske karakteristike sjevernog Jadrana pokazuju da se u 32% slučajeva mogu očekivati nepovoljni uvjeti za difuziju i prijenos onečišćenja (DHMZ, 1992), što uz postojeće lokalne izvore onečišćenja zraka doprinosi mokrom taloženju koje dolazi u oblačnim sustavima iz daljine.

Literatura

- Bajić, A., 1989, Olujna bura na sjevernom Jadranu, I dio: Statistička analiza, *Hrvatski meteorološki časopis*, Vol. 24, 1-10.
- Državni hidrometeorološki zavod, 1992, Meteorološka podloga za potrebe prostornog planiranja općine Rijeka, *DHMZ*, Zagreb, 213 str. (interno).
- Đuričić, V., 1989, Some precipitation chemistry characteristics of selected stations along the Adriatic coast, Airborne pollution of the Mediterranean Sea, *Report and Proceedings of the First WMO/UNEP Workshop, MAP Technical Reports Series No. 31*, UNEP, Athens, 81-101.
- Đuričić, V., S. Vidič, 1992, Acid precipitation at the northern Adriatic, Airborne pollution of the Mediterranean Sea, *Report and Proceedings of the Second WMO/UNEP Workshop, MAP Technical Reports Series No. 64*, UNEP, Athens, 137-155.
- Đuričić, V., A. Bajić, V. Šojat, 1997, Značajke kvalitete oborine na Riječkom području u različitim sinoptičkim situacijama, *Zbornik radova sa skupa Prirodoslovna istraživanja Riječkog područja*, Prirodoslovni muzej Rijeka, Rijeka, 181-189.

- EMEP Data Report, 1989, NILU, Lillestrom, Norway.
- EMEP/CCC Report 2/91, NILU, Lillestrom, Norway.
- Eškinja, I., Z. Šoljić, S. Švel-Cerovečki, M. Eškinja, V. Šojat, 1996, Sources and Fate of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Ambient Air of Urban and Rural Croatian Sites, *Intern. Journ. Environ. Analytical Chem.*, Vol. 63, 251-268.
- Fisher, D. C., M. Oppenheimer, 1991, Atmospheric nitrogen deposition at the Chesapeake Bay estuary, *Ambio*, 20, 102-108.
- Hinga, K. R., A. A. Keller, C. A. Oviatt, 1991, Atmospheric deposition and nitrogen inputs to coastal waters, *Ambio*, 20, 256-260.
- Lončar, E., A. Bajić, 1994, Tipovi vremena u Hrvatskoj, *Hrvatski meteorološki časopis*, Vol. 29, Hrvatsko meteorološko društvo, Zagreb, 31-41.
- Lukšić, I., 1975, Bura u Senju, *Senjski zbornik*, 6, 467-494.
- Makjanić, B., 1966, Prilog poznavanju klime grada Senja, *Pomorski zbornik*, 4, 603-624.
- Scudlark, J. R., T. M. Church, 1993, Atmospheric input of inorganic nitrogen to Delaware Bay Estuaries Vol. 16, No. 4, 747-759.
- Smodlaka, N., 1994, Outlines for a proposal of the Croatian monitoring programme, *Report of the consultation meeting on the evaluation of the Croatian monitoring programme*, UNEP (OCA)/ MED WG. 80/2., Anex VIII, 1994.
- Šojat, V., S. Vidič, G. Hrabak-Tumpa, D. Borovečki, 1996, Acid precipitation in Kvarner area region, *Zbornik radova sa Međunarodnog kongresa Energija i zaštita okoliša*, Opatija, 23-25. listopada 1996, 471-478.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Kalinić, N.¹, Šega, K.¹, Levak, Ž.²

Onečišćenje zraka i mikroklimatski parametri u poslovnoj zgradi s prisilnom ventilacijom

Sažetak: *Provedena su mjerenja mikroklimatskih parametara, te koncentracija respirabilnih lebdećih čestica i formaldehida u zraku osam prostorija poslovne zgrade s prisilnom ventilacijom i klimatizacijom. Rezultati mjerenja su pokazali da bi se visok postotak zaposlenika trebao osjećati ugodno s obzirom na mikroklimu u zgradi. Ne postoji opterećenje povišenim koncentracijama lebdećih čestica, što više, u većini prostorija te vrijednosti mogu se smatrati niskima. Iako uglavnom unutar granica dopuštenog, koncentracije formaldehida više su puta prekoračile preporučenu graničnu vrijednost ili se sasvim približile toj vrijednosti.*

Air Pollution and Microclimate in an Office Building With Forced Ventilation

Summary: *Personnel complaints on work-related health symptoms triggered nine-day measurements of microclimate parameters (air temperature, relative air humidity, temperature of heat irradiation, air velocity), as well as formaldehyde and suspended particle levels in an office building with forced ventilation system. The results show that high percentage of employees should feel comfortable under microclimate conditions measured. Respirable particle concentrations were low compared to the proposed limit values. The average formaldehyde concentrations varied within the range of 34.2 - 146 $\mu\text{g m}^{-3}$, with maximum values as high as 44.0 - 215.2 $\mu\text{g m}^{-3}$, allowing the existence of health problems in a susceptible population subgroup.*

Uvod

Tegobe vezane uz boravak u zatvorenom prostoru uočene su šezdesetih godina u SAD i Skandinaviji, a učestalost takvih pritužbi se radikalno povećala i proširila sedamdesetih i osamdesetih godina. Definiran je pojam sindroma nezdravih zgrada (Sick Building Sindrom - SBS) kao skup zdravstvenih tegoba vezanih uz

1 Nataša Kalinić, Krešimir Šega, Jedinica za higijenu okoline, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

2 Željka Levak, Diplomand Framaceustko-biokemijskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

korištenje zatvorenog prostora, kojeg učestalost pokazuje ovisnost o porastu broja zatvorenih prostora s prisilnom ventilacijom i klimatizacijom (1). Najčešće tegobe su: iritacija očiju, nosa i grla, osjećaj suhoće sluznica, svrbež, psihički zamor, glavobolje, kašalj, česte infekcije dišnih putova, preosjetljivost, promuklost, opća slabost i vrtoglavica.

Stupanj saznanja o uzrocima opisanog sindroma još je i danas nepotpun, što otežava njegovo uklanjanje u potpunosti, kao i predlaganje svrsishodnih mjera sprječavanja. Prvenstveno je potrebno provesti mjerenja mikroklimatskih parametara u zgradama za koje se sumnja da su razlog opisanog sindroma, kako bi se provjerilo da li temperatura, vlažnost i strujanje zraka unutar prostorija zadovoljavaju uvjete pri kojima se ljudi osjećaju ugodno. Sljedeći korak predstavlja ispitivanje onečišćenosti zraka. U tom je smislu znakovita prisutnost formaldehida (HCHO) u zraku zatvorenih prostora, s obzirom na to da on pripada grupi spojeva koje otpuštaju materijali korišteni za gradnju i opremu prostora. Formaldehid je nadražljivač gornjeg dišnog sustava (2), a zadnjih godina ponovno se raspravlja o njegovoj mogućoj karcinogenosti (3). Ne smije se zanemariti prisutnost ukupnih i respirabilnih lebdećih čestica u zraku zatvorenih prostora, kao ni činjenica da se malo zna o sinergističkom djelovanju mješavina različitih onečišćenja u malim koncentracijama, kao i o mogućim kemijskim reakcijama između njih.

Cilj ovog rada bio je procijeniti opravdanost prijave zdravstvenih tegoba zaposlenika vezanih uz radno mjesto u poslovnoj zgradi s prisilnom ventilacijom.

Uzorkovanje i metode

U proljetnom razdoblju provedena su mikroklimatska mjerenja, kratkotrajna mjerenja koncentracije lebdećih čestica (promjer $<3,5 \mu\text{m}$), te mjerenja masene koncentracije formaldehida na osam mjernih mjesta reprezentativnih za zgradu.

Mikroklimatska mjerenja

Mjereni su sljedeći parametri: temperatura zraka, relativna vlažnost zraka, temperatura globus termometra i vrijeme hlađenja katatermometra. Navedeni parametri mjereni su svakodnevno (osim nedjelje) u razdoblju od 12 do 14 sati. Iz dobivenih podataka izračunati su brzina strujanja zraka i srednja temperatura toplinskog zračenja okoline. Kombinacijom dobivenih podataka određena je korigirana efektivna temperatura, te preko nje postotak ljudi koji se pri danim mikroklimatskim uvjetima osjećaju udobno.

Koncentracije respirabilnih lebdećih čestica

Koncentracije respirabilnih lebdećih čestica (promjer $<3,5 \mu\text{m}$) mjerene su automatskim uređajem TSI Piezobalance 2000.

Koncentracije formaldehida

Uzorci formaldehida sakupljani su tijekom 24 sata radnim danima, te tijekom

48 sati od subote do ponedjeljka. Uzorci su analizirani spektrofotometrijskom metodom koja se temelji na Schryver-ovoj reakciji (4).

Rezultati rada i rasprava

Mikroklimatska mjerenja

Prilikom interpretacije rezultata mjerenja korištene su norme propisane za toplo razdoblje godine (temperatura vanjskog zraka $>10\text{ }^{\circ}\text{C}$), za prostorije s manjim izvorima topline ($<20\text{ kcal m}^{-3}\text{ h}^{-1}$), te za uvjete lakog fizičkog rada (5). Statistički parametri mikroklimatskih mjerenja prikazani su u tablici 1.

Temperatura zraka

Optimalno: $22\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$ Najviša dopuštena: $28\text{ }^{\circ}\text{C}$

Većina izmjerenih pojedinačnih vrijednosti temperature zraka, kao i srednje vrijednosti za mjerno razdoblje padaju u područje optimalnih vrijednosti. Izuzetak čini jedna prostorija u kojoj su vrijednosti često više od optimalnih, no uvijek niže od najviše dopuštene. Temperatura od $29,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ izmjerena je u jednoj od prostorija tijekom subote, u vrijeme kada klimatizacija nije u pogonu, a posljedica je izvora topline u prostoriji. Radnim danima vrijednosti temperature u toj prostoriji kretale su se unutar raspona optimalnih vrijednosti.

Relativna vlažnost zraka

Optimalno: 40-60% Najviša dopuštena: ovisno o temperaturi 55-75%

Sve izmjerene vrijednosti padaju u optimalno područje. Neznatan izuzetak čini jedanput izmjerena vrijednost u prizemlju zgrade, no i ona je mnogo niža od najviše dopuštene vrijednosti.

Srednja temperatura zračenja

Vrijednosti pokazuju vrlo dobru toplinsku ravnotežu zraka u prostorijama s okolnim površinama. Ne uočava se toplinski doprinos velikih staklenih površina.

Brzina strujanja zraka

Optimalno: $<0,3\text{ m s}^{-1}$ Najviša dopuštena: $0,5\text{ m s}^{-1}$

Većina izmjerenih vrijednosti pada u optimalno područje, a sve pojedinačne vrijednosti, izuzev jednog mjerenja u prizemlju (glavni ulaz u zgradu), u dopušteno područje.

Ocjena ugodnosti

Procijenjeni postoci ljudi, koji bi se u danim mikroklimatskim uvjetima osjećali udobno, su relativno visoki. Srednje vrijednosti po prostorijama kretale su se od 62 do 90%. Minimalna vrijednost od 33% izmjerena u jednoj od prostorija predstavlja izuzetak i odstupa od ostalih vrijednosti koje su se kretale od 52 do 94%. Maksimalne vrijednosti kretale su se u rasponu od 95 do 97%.

Tablica 1. Rezultati mikroklimatskih mjerenja (N=8)

Prostorija		T (°C)	RH (%)	T _{rad} (°C)	V (m/s)	Uglovi (°)
1	11.00-12.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	12.00-13.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	13.00-14.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	14.00-15.00	20.0	50	20.0	0.0	0
2	11.00-12.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	12.00-13.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	13.00-14.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	14.00-15.00	20.0	50	20.0	0.0	0
3	11.00-12.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	12.00-13.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	13.00-14.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	14.00-15.00	20.0	50	20.0	0.0	0
4	11.00-12.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	12.00-13.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	13.00-14.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	14.00-15.00	20.0	50	20.0	0.0	0
5	11.00-12.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	12.00-13.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	13.00-14.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	14.00-15.00	20.0	50	20.0	0.0	0
6	11.00-12.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	12.00-13.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	13.00-14.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	14.00-15.00	20.0	50	20.0	0.0	0
7	11.00-12.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	12.00-13.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	13.00-14.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	14.00-15.00	20.0	50	20.0	0.0	0
8	11.00-12.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	12.00-13.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	13.00-14.00	20.0	50	20.0	0.0	0
	14.00-15.00	20.0	50	20.0	0.0	0

X_{min} - minimalna vrijednostT_{rad} - ekvivalentna zrakaX_{max} - maksimalna vrijednostX_{avg} - prosječna vrijednost

Koncentracije respirabilnih lebdećih čestica

Vrijednosti koncentracija respirabilnih lebdećih čestica prikazani su u tablici 2, te pokazuju da ne postoji opterećenje prostora tim onečišćenjem, što više, u većini prostorija te vrijednosti mogu se smatrati niskima. Može se pretpostaviti da poneke više izmjerene vrijednosti nisu posljedica rada ventilacijskog sustava, već ljudske aktivnosti u prostoriji ili pušenja.

Tablica 2. Koncentracije respirabilnih lebdećih čestica (N=6) ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Prostorija	$\bar{X}_{\text{arit}}$	Std	$\bar{X}_{\text{min}}$	$\bar{X}_{\text{max}}$
1	23	12	10	40
2	61	24	20	90
3	60	60	10	100
4	12	9	10	20
5	10	11	10	40
6	30	10	10	140
7	22	10	10	40
8	12	9	10	20
$\bar{X}_{\text{arit}}$ - srednja vrijednost Std - standardna devijacija				
$\bar{X}_{\text{min}}$ - minimalna vrijednost $\bar{X}_{\text{max}}$ - maksimalna vrijednost				

Koncentracije formaldehida

Statistički parametri izmjerenih koncentracija formaldehida prikazani su u Tablici 3. Raspon srednjih vrijednosti bio je od $34,2 \mu\text{g m}^{-3}$ do $146,0 \mu\text{g m}^{-3}$, a maksimalnih vrijednosti od $44,0 \mu\text{g m}^{-3}$ do $215,2 \mu\text{g m}^{-3}$.

Tablica 3. Koncentracije formaldehida (N=7) ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Prostorija	$\bar{X}_{\text{arit}}$	Std	$\bar{X}_{\text{min}}$	$\bar{X}_{\text{max}}$
1	34	1	20	44
2	60	10	30	110
3	110	10	51	150
4	61	8	10	100
5	34	10	20	44
6	12	10	10	30
7	100	21	30	150
8	110	60	101	200
$\bar{X}_{\text{arit}}$ - srednja vrijednost Std - standardna devijacija				
$\bar{X}_{\text{min}}$ - minimalna vrijednost $\bar{X}_{\text{max}}$ - maksimalna vrijednost				

Koncentracije formaldehida u zatvorenim prostorima interpretirane su prema preporukama Svjetske zdravstvene organizacije (SZO) koje govore da izmjerene vrijednosti ne smiju biti više od $120 \mu\text{g m}^{-3}$, te da kontinuiranu izloženost višim koncentracijama HCHO treba svesti na minimum (6). Izmjerene dnevne vrijednosti su 11 puta prekoračile propisanu graničnu vrijednost, dok su čak i tjedni prosjeci koncentracija formaldehida u prostorijama 7 i 8 bili viši od $120 \mu\text{g m}^{-3}$. Treba napomenuti da je otpuštanje HCHO iz materijala korištenih pri gradnji i opremanju prostora najveće u prvim godinama i ovisno je o temperaturi i relativnoj vlazi, a

budući da je dio poslovnih prostorija djelomično opremljen novim namještajem i tapisonom, dobivene koncentracije HCHO u skladu su s očekivanima.

Zaključci

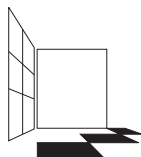
- S obzirom na izmjerene vrijednosti mikroklimatskih parametara i njihovu ocjenu dobivenu usporedbom s propisanim normama, moguće je zaključiti da su izmjereni mikroklimatski uvjeti vrlo dobri, te da ne predstavljaju smetnju pri radu, kao ni opasnost za zdravlje.
- Vrijednosti koncentracija respirabilnih lebdećih čestica pokazuju da ne postoji opterećenje prostora tim onečišćenjem.
- Izmjerene koncentracije formaldehida pokazuju postojanje problema u nekim prostorijama zgrade. Isto tako, potrebno je napomenuti da osjetljivi pojedinci mogu pokazivati zdravstvene tegobe vezane uz prisutnost HCHO u zraku već pri koncentracijama od $60 \mu\text{g m}^{-3}$ (6).

Literatura

1. Šega, K.: Onečišćenje atmosfere u zatvorenim prostorima, Arh. hig. rada toksikol., 34 (1983) 323-332.
2. Liu, K.Sh., Huang, F.Y., Hayward, S.B., Wesolowski, J. and Sexton, K.: Irritant Effects of Formaldehyde Exposure in Mobile Homes, Environmental Health Perspectives 94 (1991) 91-94.
3. Partanen, T.: Formaldehyde exposure and respiratory cancer - a meta - analysis of the epidemiologic evidence, Scand J Work Environ Health 19 (1994) 8-15.
4. Leithe, W.: The Analysis of Air Pollutants, Ann-Arbor, Humphrey Science Publishers, Kondon, 1981, p. 209-231.
5. Službeni list br. 27, 1976.
6. Environmental Health Criteria 89: Formaldehyde, World Health Organization, Geneva 1989.

Tema 4

Procjena izloženosti i učinci



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Šimić, D.¹, Pavlović, M.¹, Jazbec, A.¹, Malinar, M.¹, Hršak, J.¹, Šega, K.¹, Šojat, V.², Vadić, V.¹

Utjecaj onečišćenja zraka na učestalost pogoršanja simptoma opstruktivne bolesti pluća u odraslih osoba

Sažetak: Dugogodišnje praćenje onečišćenja zraka pokazuje da je zrak u gradu Zagrebu relativno čist, tj. za većinu onečišćenja unutar preporučenih, a za sve praćene na Institutu za medicinska istraživanja i medicinu rada unutar graničnih zakonom predviđenih vrijednosti. Analizirali smo dnevne podatke o koncentracijama dušikovih oksida (mjenjenih kao NO₂) i dima u zraku tijekom 1995-1997. godine i njihovoj povezanosti s brojem posjeta hitnim službama zbog pogoršanja simptoma u odraslih osoba oboljelih od kronične opstruktivne bolesti pluća. Analiza je provedena primjenom Poissonove regresije uz procjenu iznad-Poissonova raspršenja i autokorelacije grešaka. Pri tom su statistički kontrolirani trend, sezonalnost i moguća "lažna" povezanost zbog utjecaja varijabli smetnje (dan u tjednu, praznici, epidemije gripe, temperatura i relativna vlaga). Posebno je analizirana povezanost broja posjeta hitnim službama s jednodnevnom koncentracijom onečišćenja zraka istog dana i svakog od tri prethodna dana, te prosječnom dvo- do četverodnevnom koncentracijom onečišćenja. Nije nađena statistički značajna povezanost ni za NO₂ ni za dim. Analiza reziduala ukazala je međutim na mogući učinak praga kod NO₂. Kada smo umjesto opažene srednje dnevne koncentracije NO₂ uvrstili varijablu koja je bila indikator samo onečišćenja iznad praga od 60 µg/m³, povezanost broja posjeta hitnim službama s koncentracijom NO₂ tri dana prije posjete postala je visoko statistički značajna (za porast od 10 µg/m³ RR=1.15). Takvih je dana tijekom analiziranog trogodišnjeg razdoblja bilo svega 34.

Short-term effects of air pollution on exacerbation of the symptoms of obstructive pulmonary disease in Zagreb, Croatia

Summary: Long-term monitoring of air quality in Zagreb shows that it is a relatively clean city, i.e. for most air pollutants concentrations are within the values recommended by the World Health Organization and Croatian regulations. All air pollutants monitored at the

1 Diana Šimić, Mladen Pavlović, Anamarija Jazbec, Marta Malinar, Janko Hršak, Krešimir Šega, Vladimira Vadić, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

2 Višnja Šojat, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

Institute for Medical Research and Occupational Health are within the limit values set by Croatian regulation. We have analyzed daily data on concentrations of nitrate oxides (measured as NO_2) and black smoke during 1995-1997. and their association with the number of visits to emergency rooms due to exacerbation of the symptoms of the Chronic Obstructive Pulmonary Disease in adults. The analysis was done using Poisson regression, accounting for possible overdispersion and autocorrelated observations. We have statistically controlled trend, seasonality and possible "spurious" association due to various covariates (the effect of the day of the week, holidays, influenza epidemics, temperature, and humidity). The analyzed models included air pollution data in the form of single day average concentrations for the current and three previous days, as well as averages of two to four consecutive days. We have found no statistically significant association with either NO_2 or black smoke. Analysis of residuals, however, pointed out possible threshold effect for NO_2 . When we transformed NO_2 concentrations so that they were non zero only for concentrations above $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, and then increased linearly, the association between the number of visits to emergency rooms and the transformed concentrations of NO_2 three days before the visit was highly significant, with relative risk associated with the increase in NO_2 of $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ equal 1.15. During the three-year period analyzed here there were only 34 such days.

Uvod

Analiza zdravstvenih učinaka onečišćenja zraka provodi se u svijetu na razne načine. Jedan od pristupa odnosi se na analizu podataka o agravaciji simptoma oboljelih od kroničnih bolesti pluća (KOPB). Pri tom se koriste dnevni podaci o učestalosti pregleda u bolničkim hitnim ambulantama u duljem razdoblju (npr. Katsouyanni i sur., 1996). Da bi se izbjegla pristranost u procjeni učinka onečišćenja zraka na zdravstvene pokazatelje vodi se računa i o utjecaju poznatih komorbiditetnih čimbenika (sezonalnost, meteorološke prilike, epidemije) koristeći prikladne načine obrade podataka (Schwartz i sur., 1996).

Suradnici Jedinice za higijenu okoline Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada sakupljaju dugi niz godina podatke o ambijentalnom onečišćenju zraka na stalnim mjernim mjestima. Analizirali smo podatke o dušikovim oksidima (II kategorija onečišćenja zraka prema NN:48/95 p. 1542) i o dimu (I kategorija onečišćenja) kao predstavnicima raznih stupnjeva onečišćenja zraka i podatke o agravaciji simptoma oboljelih od KOPB.

Materijal i metode

Podaci o dnevnom broju posjeta odraslih osoba (od 19 godina starosti na dalje) bolničkim hitnim ambulantama prikupljeni su za vremensko razdoblje od 1995-1997. Pribrani su podaci za dijagnoze 490-496, izuzev 493 po 9. reviziji Međunarodne klasifikacije bolesti i uzroka smrti (MKB 9). Izabrane su specijalne bolnice Klinička bolnica za plućne bolesti i tuberkulozu Jordanovac i Specijalna bolnica za kronične plućne bolesti Rockefellerova, te Interna klinika s odjelom za plućne bolesti (Klinička bolnica "Sestre Milosrdnice").

Podaci o incidenciji gripe preuzeti su iz Epidemiološkog vjesnika Državnog zavoda za javno zdravstvo za razdoblje 1995-1997. godine. Raspoloživi su bili kumulativni mjesečni izvještaji.

Dušikovi oksidi mjereni su kao srednje dnevne (24-satne) masene koncentracije NO_2 u $\mu\text{g}/\text{m}^3$ na 8 mjernih mjesta u gradu Zagrebu. Mjerni podaci za šest postaja prikupljeni su u Jedinici za higijenu okoline Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada (Vadić, 1998), a za dvije postaje u Državnom hidrometeorološkom zavodu. Podaci o srednjim dnevnim (24-satnim) masenim koncentracijama dima u $\mu\text{g}/\text{m}^3$ prikupljeni su na četiri mjerna mjesta u Jedinici za higijenu okoline Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada (Vadić, 1998).

Podaci o srednjoj dnevnoj temperaturi i relativnoj vlazi preuzeti su od Državnog hidrometeorološkog zavoda.

Zbog objektivnih okolnosti (kvarovi uređaja i sl.), nije bilo moguće prikupiti podatke o onečišćenju zraka za sve dane za sve postaje. U podacima o koncentraciji NO_2 imali smo dva tipa nepotpunih podataka. Na prvih 6 postaja sustavno su za petak, subotu i nedjelju izmjereni trodnevni, umjesto dnevnih prosjeka. Za oba onečišćenja za neke dane nisu bili izmjereni podaci u pojedinim postajama. Dopunjavanje podataka izvršeno je prema protokolu projekta APHEA 2 (Samoli i sur., 1998). Za svaki dan i u vremenskom razdoblju k u kojem je na postaji j nedostajalo mjerenje X_{ijk} izračunata je srednja vrijednost koncentracija na ostalim raspoloživim postajama $X_{i\bullet k}$. Za zadanu postaju izračunata je srednja vrijednost koncentracija u vremenskom razdoblju k - $X_{\bullet\bullet k}$. Zatim je za sve postaje zajedno izračunata srednja vrijednost u vremenskom razdoblju k - $X_{\bullet\bullet k}$. Podatak koji nedostaje zamjenjujemo ponderiranom srednjom vrijednošću koncentracija mjerenih u ostalim mjernim postajama tako da srednju vrijednost raspoloživih postaja množimo sa srednjom vrijednosti u zadanom razdoblju za postaju j i dijelimo zajedničkom srednjom vrijednošću za zadani period k :

$$X'_{ijk} = X_{i\bullet k} \cdot \frac{X_{\bullet j k}}{X_{\bullet\bullet k}}$$

Za popunjavanje vrijednosti petka, subote i nedjelje, za koje su postojali trodnevni prosjeci koncentracija NO_2 , period k odnosio se na ta tri dana. Za ostale dane za oba onečišćenja period k odnosio se na odgovarajuću godinu. Za dane u kojima nismo imali ni jedno mjerenje popunjavanje smo izvršili prosjekom istog dana u tjednu tijekom prethodnog, tekućeg i idućeg mjeseca. Ukoliko je nedostajao podatak za srijedu u lipnju, onda smo podatak za taj dan izračunali kao srednju vrijednost svih raspoloživih srijeda u svibnju, lipnju i srpnju iste godine. Prema protokolu projekta APHEA-2 (Samoli i sur., 1998) takvo dopunjavanje dozvoljeno je ako čini manje od 5% svih podataka. U našem slučaju radi se o svega 0,4% podataka. U statističkoj analizi kao pokazatelji onečišćenja zraka korišteni su dnevni prosjeci svih postaja.

Za analizu utjecaja epidemije influence bilo je potrebno procijeniti dnevnu incidenciju, odnosno na temelju raspoloživih mjesečnih podataka procijeniti kada je epidemija započela, odnosno završila. U okviru projekta APHEA prihvaćen je kriterij da epidemija traje sve one dane kada je prijavljen barem jedan slučaj influence. Pri procjeni dnevnog broja slučajeva influence poslužili smo se modelom Delimar i sur. (1997) koji su tok epidemije influence u Hrvatskoj 1993. godine modelirali funkcijom gustoće normalne razdiobe.

Statistička obrada podataka provedena je u programskom sustavu SAS 6.12 pod Win95. Uz standardne deskriptivne pokazatelje (srednju vrijednost, medijan, standardnu devijaciju i varijancu) analizirane su i autokorelacijske i parcijalne autokorelacijske funkcije, te periodogrami svake vremenske serije. Zavisna varijabla u svim našim analizama je broj posjeta hitnim službama. To je nenegativni broj, a distribucija broja slučajeva iskošena je u desno pa nije podobna za analizu standardnom linearnom regresijom. Najčešći pristupi analizi takvih podataka su primjena logaritamske transformacije zavisne varijable uz standardni opći linearni model ili primjena poopćenog linearnog modela uz odgovarajuću pretpostavku o distribuciji podataka. Kod prvog pristupa analiziramo model:

$$E[\log y_i] = \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}$$

gdje su $\mathbf{x}_i$ vektori nezavisnih varijabli (prediktora), $\boldsymbol{\beta}$ je vektor regresijskih koeficijenata, a $\log y_i$ su normalno distribuirani, pri čemu u našem slučaju matrica varijanci-kovarijanci nije oblika $\sigma^2 \mathbf{I}$, već njezina struktura odražava činjenicu da postoji autokorelacija podataka za uzastopne dane. Kada se radi o rijetkim događajima, kao što je u nas broj posjeta hitnim ambulantama, metoda izbora je Poissonova regresija (tzv. log-linearni model). Tada analiziramo model:

$$\log E[y_i] = \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}$$

u kojem su značenja simbola ostala ista, no y_i su sada distribuirani po Poissonovoj razdiobi, varijanca je jednaka očekivanju, a moramo uključiti i mogućnost iznad-Poissonovog raspršenja (dakle varijance veće od očekivanja) te autokorelaciju opažanja iz uzastopnih dana. Oba modela su modeli relativnog rizika, tj. vrijednosti parametara modela interpretiraju se kao relativni rizik događaja pri određenom povećanju vrijednosti prediktora.

Prije analize bilo kojeg od potencijalnih prediktora, bilo je potrebno analizirati i kontrolirati sezonalnost. Opis sezonalnosti proveli smo izradom periodograma i procjenom autokorelacijskih i parcijalnih autokorelacijskih funkcija. Procjenu oblika sezonalnih promjena proveli smo primjenom neparametrijske kubične "spline" regresije (Frank i Todeschini, 1994) u kojoj je zavisna varijabla bila logaritamski transformiran broj događaja ili neki od potencijalnih prediktora, a nezavisna varijabla bilo je vrijeme. Za svaku varijablu proveli smo "spline" regresiju za broj stupnjeva slobode od 8 do 35. Konačni broj stupnjeva slobode izabran je na temelju analize periodograma, autokorelacijske i parcijalne autokorelacijske

funkcije te F-testom značajnost udjela pojedinih perioda (Wei, 1990) kao najmanji broj za koji u periodogramu reziduala nije bilo perioda dužeg od 90 dana značajnog na nivou $p < 0,05$. "Spline" regresiju proveli smo pomoću modula SAS/INSIGHT, a analizu periodograma procedurom PROC SPECTRA. Koeficijente u Fourierovom nizu spremili smo u datoteku, te procjenu značajnosti doprinosa pojedinih perioda izračunali pomoću SAS programa vlastite izrade.

Nakon kontrole sezonalnosti izbor prediktora proveli smo standardnom regresijom logaritmiranih podataka. U model smo redom prvo uvodili prediktore čiji smo utjecaj željeli kontrolirati: srednju dnevnu temperaturu, srednju relativnu vlagu, indikator varijable za dan u tjednu i praznike, te epidemije influence. Za svaki prediktor provjerili smo da li ga je potrebno uključiti kao linearni, kvadratni, kubični ili bikvadratni član, te da li izabrati vrijednosti istog ili nekog od prethodnih dana. Konačna analiza provedena je Poissonovom regresijom uz uključenje mogućeg iznad-Poissonovog raspršenja i autokorelacije podataka za uzastopne podatke (McCullagh i Nelder, 1990). Predviđena sezonalnost uključena je kao "offset" varijabla, a ostali prediktori uključeni su u obliku koji je izabran kao najbolji u procesu izgradnje modela. Proveli smo 7 regresijskih analiza za svaki pokazatelj onečišćenja i to za tekući i tri prethodna dana, te za aritmetičku sredinu zadnja dva, tri i četiri dana. Najbolji model izabran je usporedbom devijanci.

Rezultati

Tablica 1. prikazuje zbirne statističke pokazatelje analiziranih podataka – broj dana s raspoloživim podacima (N), srednju vrijednost ($\bar{X}$), varijancu (Var.), koeficijent asimetrije ili iskošenosti (Skew.) i koeficijent spljoštenosti (Kurt.). Distribucija broja posjeta hitnim službama iskošena je u desno. Varijanca je veća od srednje vrijednosti, što ukazuje na moguću iznad-Poissonovu varijabilnost. Srednja vrijednost koncentracije dima je unutar preporučene vrijednosti za pojedinu godinu. Srednja vrijednost koncentracije NO_2 prešla je preporučenu vrijednost za pojedinu godinu, no unutar je granične vrijednosti. Razdiobe koncentracija dima i NO_2 su iskošene u desno. Iskošenost je izraženija za dim.

Tablica 1. Zbirni pokazatelji razdiobe analiziranih varijabli u vremenskom razdoblju 1995-1997.

Varijabla	N	$\bar{X}$	Var.	Skew.	Kurt.
Broj posjeta hitnim službama	1800	1,1	4,1	1,1	1,1
Temperatura	1800	12,4	2,1	-0,1	1,1
Relativna vlaga	1800	75,1	12,1	-0,1	1,1
Indikator praznika	1800	0,1	0,1	0,1	1,1
Indikator epidemije	1800	0,1	0,1	0,1	1,1
Indikator sezonalnosti	1800	0,1	0,1	0,1	1,1

U konačni model povezanosti broja posjeta hitnim ambulantama zbog pogoršanja simptoma KOPB i onečišćenja zraka uključeni su, uz podatke o onečišćenju zraka, i učinak dana u tjednu, praznika, srednja dnevna temperatura i relativna vlaga istoga dana te indikator epidemije gripe uz kašnjenje od 7 dana. Ni u jednom od sedam razmatranih modela povezanosti sa srednjom dnevnom koncentracijom dima nije nađena statistički značajna povezanost s brojem posjeta hitnim ambulantama. Najbolje poklapanje s podacima (najmanju devijancu) pokazuje model za koncentracije dima u zraku istoga dana. Za sve modele postoji iznad-Poissonovo raspršenje od oko 19%, što ukazuje da postoji značajna dodatna varijabilnost unutar populacije, odnosno da smo iz modela izostavili neke potencijalne čimbenike koji djeluju na broj posjeta hitnim službama. U slučaju NO_2 najbolje poklapanje s podacima pokazuje model za srednju dnevnu koncentraciju NO_2 prije 3 dana, no niti u jednom modelu povezanost broja posjeta hitnim ambulantama i koncentracije NO_2 nije statistički značajna. Za sve modele iznad-Poissonovo raspršenje procijenjeno je na oko 20%. Analizom reziduala uočena je međutim pravilnost i to tako da za vrijednosti srednjih dnevnih koncentracija NO_2 iznad $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ broj posjeta hitnim ambulantama eksponencijalno raste. Takav rezultat ukazuje na mogući učinak praga (engl. "threshold effect"), naime da se učinak opaža tek kada prediktor prijeđe neku graničnu vrijednost. Važno je napomenuti da se granica proizšla iz naših podataka podudara s preporučenom vrijednosti godišnjeg 98-mog percentila (PV_{98}) i graničnom vrijednošću (GV) za godinu dana praćenja srednjih dnevnih koncentracija NO_2 prema Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka ("Narodne Novine", broj 101/96). U nas su bila 34 takva dana u analiziranom razdoblju od 1995-1997. godine. Stoga smo analizirali dodatnih 7 modela u kojima smo umjesto opažene srednje dnevne koncentracije imali transformiranu varijablu koja je bila jednaka 0 kada je srednja dnevna koncentracija NO_2 bila ispod $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a za vrijednosti iznad $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ je linearno rasla s koncentracijom NO_2 . Najbolje poklapanje s podacima pokazuje model koji kao prediktor ima transformiranu koncentraciju NO_2 prije tri dana. U tom modelu je povezanost broja posjeta hitnim službama s koncentracijom NO_2 (kada ona prelazi $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$) statistički značajna na nivou $p < 0.01$. I u ovim modelima prisutno je iznad-Poissonovo raspršenje od oko 20%.

Na temelju procjena parametara Poissonove regresije izračunat je relativni rizik za broj posjeta hitnim ambulantama povezan uz zadanu promjenu u koncentraciji dima i NO_2 u zraku. U Tablici 2. prikazane su vrijednosti relativnog rizika i granice 95% pouzdanosti povezane uz promjenu u koncentraciji od $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za najbolje modele. Relativni rizik statistički se značajno razlikuje od 1 samo za koncentracije NO_2 iznad $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Prema našim rezultatima za svakih $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iznad tog praga broj posjeta hitnim ambulantama zbog pogoršanja simptoma KOPB naraste za 15%. Tokom analiziranog razdoblja bilo je ukupno 3879 posjeta hitnim ambulantama zbog pogoršanja simptoma kronične KOPB. Možemo zaključiti da bi od tog broja 22 slučaja mogla biti pripisiva povišenim koncentracijama NO_2 u zraku.

Tablica 2. Relativni rizik (RR) i pripadni 95% intervali pouzdanosti za broj posjeta hitnim službama povezan uz porast od $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u koncentraciji dima i NO_2 u zraku.

Model		RR	95% granice pouzdanosti	
			donja	gornja
Dim	3 dana	1,020	0,993	1,048
NO_2	prije 3 dana	1,023	0,991	1,055
NO_2 i dim	prije 3 dana	1,114	1,041	1,179

Diskusija

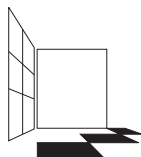
Rezultati ove analize ukazuju da postoji statistički značajna povezanost između srednje dnevne koncentracije NO_2 i broja posjeta hitnim ambulantama zbog pogoršanja simptoma KOPB. Pri tom se povezanost opaža samo za dane kada koncentracija NO_2 prelazi prag od $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a učinak je odložen za 3 dana. Bitno je napomenuti da se prag osjetljivosti koji je određen na temelju učestalosti pogoršanja simptoma KOPB podudara s PV_{98} , odnosno GV za jednogodišnje praćenje dušikova dioksida prema Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka ("Narodne Novine", broj 101/96). Srednje dnevne koncentracije dima nisu statistički značajno povezane s brojem posjeta hitnim službama. Prema rezultatima praćenja onečišćenja zraka na području grada Zagreba u posljednjih nekoliko godina urbano područje klasificirano je u I kategoriju obzirom na koncentraciju dima (Vadić i sur., 1998). Urbano područje grada Zagreba klasificirano je u II kategoriju obzirom na koncentraciju NO_2 u zraku. Naše procjene relativnog rizika za KOPB po veličini su usporedive s rezultatima europskih gradova. Rezultati se kreću od nepovezanosti do povezanosti izraženije od naših rezultata (Schouten i sur., 1996; Atkinson i sur., 1999).

Toksikološka istraživanja u vezi s učincima dušikovih oksida dobro su poznata. Međutim nedostaju istraživanja učinka onečišćujućih tvari u njihovim subtoksičnim, a napose onim unutar konvencijama određenih graničnih i preporučenih koncentracijama. Stoga nisu dovoljno rasvijetljeni biološki mehanizmi učinka takvih razina onečišćenja zraka na ljudski organizam, i napose na učestalost pogoršanja simptoma kroničnih respiratornih bolesti. U prirodi ne postoji onečišćenje samo jednim kemijskim spojem, neke onečišćujuće tvari (kao npr. dim) mogu biti različitih kemijskih i fizikalnih svojstava na različitim lokacijama. I ta činjenica doprinosi raznolikosti rezultata. Pojedina onečišćenja mogu biti samo indikator općeg onečišćenja zraka, pa na nekim lokacijama statistička značajnost nađene povezanosti može biti posljedica nekog drugog onečišćenja koje nije uključeno u analizu, a čija je koncentracija visoko korelirana s analiziranim onečišćenjem. Dobiveni rezultati o povezanosti broja posjeta ambulantama hitnih službi s onečišćenjem zraka pokazuju da je ona stvarna, no vrlo slaba. Obzirom na

procijenjeni broj pripisivih slučajeva, možemo zaključiti da zdravstveni učinci onečišćenja zraka na sadašnjim razinama onečišćenja ne predstavljaju značajniji javno-zdravstveni problem. Sama činjenica da je takva povezanost potvrđena ukazuje na nužnost sustavnog pribira podataka, ne samo o onečišćenju zraka, već i o njegovim potencijalnim zdravstvenim učincima. Pokazuje se i potreba organiziranog obavještanja pučanstva o razini onečišćenja zraka. To se posebno odnosi na ugrožene skupine stanovništva (npr. oboljele od kroničnih respiratornih bolesti, srčane bolesnike, starije osobe i sl.). Urbanističko zoniranje treba voditi računa o smještaju objekata za zbrinjavanje ugroženih skupina (starije osobe, djeca, oboljeli) na lokacije zaštićene od prekomjernog onečišćenja zraka.

Literatura

- Atkinson RW, HR Anderson, DP Strachen, JM Bland, SA Bremner, A Ponce de Leon: Short-term associations between outdoor air pollution and visits to accident and emergency departments in London for respiratory complaints. *Eur. Resp. J.* 13(2): 257-265, 1999.
- Delimar N, M Delimar, P Korenjak: Prediction estimated from reported data. U: D Kalpić i V Hljuz Dobrić (ur.) *Proceedings of the 19th International Conference on Information Technology Interfaces*, Pula, Croatia, June 17-20, 1997. Zagreb: Sveučilišni računski centar, Sveučilište u Zagrebu, pp. 161-167, 1997.
- Frank IE, R Todeschini: *The Data Analysis Handbook*. New York: Elsevier, 1994.
- Katsouyanni K, J Schwartz, C Spix, G Touloumi, D Zmirou, A Zanobetti, B Wojtyniak, JM Vonk, A Tobias, A Pönkä, S Medina, L Bachárová, HR Anderson: Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol. *J Epidemiol. Comm. Health* 50 (Suppl. 1): S12-S18, 1996.
- McCulagh P, JA Nelder: *Generalized Linear Models*, 2. izdanje. London: Chapman & Hall, 1989.
- Samoli E, G Touloumi, K Katsouyanni: Upute za popunjavanje podataka na projektu APHEA 2 od 8. listopada 1998.
- Schouten JP, JM Vonk, A de Graaf: Short term effects of air pollution on emergency hospital admissions for respiratory disease: results of the APHEA project in two major cities in The Netherlands, 1977-1989. *J. Epidem. Comm. Health* 50: S22-S29, 1996.
- Schwartz, J, C Spix, G Touloumi, L Bachárová, T Barumamdzadeh, A le Tertre, T Piekarksi, A Ponce de Leon, A Pönkä, G Rossi, M Saez, JP Schouten: Methodological issues in studies of air pollution and daily counts of deaths or hospital admissions. *J Epidemiol. Comm. Health* 50 (Suppl. 1): S3-S11, 1996.
- Vadić V i sur.: Izvještaj o praćenju onečišćenja zraka na području grada Zagreba (Izveštaj za 1996/97. godinu) IMI-SG-35, 1998.
- Wei WWS: *Time Series Analysis – Univariate and Multivariate Methods*. New York: Addison-Wesley Publ. Comp. Inc., 1990.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Ćurin, K.¹

Utjecaj istodobnog djelovanja onečišćenja zraka i pušenja na učestalost raka dišnih organa

Sažetak: U osoba umrlih od raka dišnih organa izvršena je preliminarna analiza čimbenika okoliša (onečišćenja zraka) i životnih navika (pušenja). U nastavku istraživanja podaci će biti uključeni u sustav kvantitativne statističke obrade. Cilj je bio utvrditi koliko istodobni utjecaj većeg broja štetnih faktora povećava rizik za pojavu raka dišnih organa. Od 473 anketirana ispitanika na području sa industrijskim zagađenjem zraka (cement, azbest-cement) 5,1% živjelo je do 15 godina, 18,6% od 16 do 29 godina, 32,8% od 30 do 49 godina i 43,5% 50 i više godina. Broj ispitanika izloženih zagađenju zraka 50 i više godina kretao se na pojedinim područjima u rasponu od 35,9% do 67,8%. Od ukupnog broja ispitanika 84,6% su bili pušači. Njih 41,5% pušilo je više od 40 cigareta dnevno. Pušački staž duži od 30 godina imalo je 82,5% ispitanika. Alkohol je konzumiralo 74,2% ispitanika.

Najveći broj ispitanika bio je u kategoriji s najdužom izloženošću onečišćenju zraka, te najdužim i najintenzivnijim pušačkim stažom. To ukazuje da istodobno djelovanje faktora iz okoliša i životnih navika bitno povećava rizik obolijevanja od raka dišnih organa. U industrijskim područjima treba koristiti tehničke mjere zaštite okoliša od onečišćenja. Također je potrebno provoditi edukaciju pučanstva u smislu odbacivanja navika koji povećavaju već prisutne rizike za pojavu raka dišnih organa.

Effect of Simultaneous Action of Air Pollution and Smoking on Incidence of Respiratory Organs Cancer

Summary: The investigation was done in Split and in the industrial area of the Solin-Kaštela bay. Cement has been produced in this area for more than 130 years, and asbestos for some 80 years.

Environmental factors (air pollution) and life-style habits (smoking) were investigated in persons died of respiratory organs cancer. The aim was to determine how much the simultaneous effect of several noxious factors increased the risk of incidence of cancer of respiratory organs.

1 Katja Ćurin, Zavod za javno zdravstvo Županije splitsko-dalmatinske, SPLIT

Out of 473 examinees tested by questionnaire 5,1% lived in the area with industrial air pollution (cement, asbestos-cement) up to 15 years, 18,6% from 16 to 29 years, 32,8% from 30 to 49 years and 43,5% for 50 years and over. The number of examinees exposed to air pollution for 50 years and over ranged from 35,9% to 67,8% in different areas. 84,6% out of the total number were smokers. 41,5% of them smoked more than 40 cigarettes daily. 82,5% of examinees smoked for more than 30 years. 74,2% of examinees consumed alcohol. The largest number of examinees were in the category with the longest exposure to air pollution and the longest and most intensive smoking experience. That proves that simultaneous action of environmental factors and life-style habits significantly increases the risk of development of respiratory organs cancer. A significant shift (in percentage) towards the lower group of length of stay at the moment of death has been registered in smokers. That suggests the possibility that smokers, although living in identical conditions of pollution, are affected by cancer of respiratory organs more often and in a shorter period of time than non-smokers. Technical measures for the protection of environment from pollution should be utilized. Continuous education of the population should be organized in order to reduce and break habits increasing the already existing risks of developing of respiratory organs cancer.

Uvodne napomene

Velik je broj faktora okoline koji mogu izazvati promjene u funkciji organizma čovjeka. Procjena opasnosti štetnog djelovanja okoline na ljude jedan je od najsloženijih problema suvremene medicine. Epidemiolozi su procijenili da 80-90% tumora ljudi potječe od faktora okoliša, a od ukupnog broja novooboljelih muškaraca u razvijenom svijetu oko 30% su oboljeli od raka dišnih organa.¹ Rastući broj oboljelih od karcinoma pluća u svijetu, osobito u visoko industrijaliziranim sredinama potaknuo je istraživanja svih potencijalnih etioloških faktora, osobito okolišnih koji se mogu odrediti i kontrolirati.

Dugotrajno iritirajuće djelovanje faktora okoline (kemijskih, fizikalnih, bioloških, mehaničkih itd.) izaziva promjene na stanicama i tkivima koje mogu pospješiti pojavu malignih oboljenja.² Ekspozicija populacije kratkotrajnim visokim razinama onečišćenje zraka u obliku dima, plinova, para i čvrstih čestica pokazala je porast morbiditeta i mortaliteta od respiratornih bolesti.³ Istodobno štetno djelovanje istih čimbenika iz različitih medija okoline ili različitih čimbenika nezavisno od ekološkog medija povećava zdravstveni rizik za pojedine organske sustave čovjeka.⁴

Izloženost zagađenju zraka, osobito azbestu, uz prisutnost navike pušenja i konzumiranja alkohola povećava rizik od raka dišnih organa, posebno pluća.^{5,6} Cilj rada je bio utvrditi kako istodobno djelovanje više rizičnih faktora za rak dišnih organa utječe na učestalost smrtnosti i duljinu izloženosti rizičima, do nastupa smrti ispitanika.

Smanjenju incidencije i mortaliteta raka dišnih organa uz čist okoliš doprinijelo bi i mjenjanje navika pušenja i konzumiranja alkohola kod pučanstva rizičnog područja.⁷

Uzorak i metoda rada

Istraživanje je izvršeno na uzorku od 1490 osoba umrlih od raka dišnih organa na području Splita, Solina i Kaštela u razdoblju od 1970. do 1990. godine. Podaci su dobiveni od Registra za rak Hrvatskog zavoda za javno zdravstvo, a klasificirani su prema IX reviziji bolesti i uzroka smrti. Podaci o duljini boravka na području ispitivanja te pušenju i konzumiranju alkohola dobiveni su anketom provedenom u obiteljima ispitanika. Anketom je obuhvaćeno 473 ili 31,7% ispitanika i to metodom slučajnog izbora. Istraživanje se nastavilo na 400 ispitanika - pušača. Podatke o onečišćenju okoliša azbestom nije se imalo na uvidu, jer se nisu vršila mjerenja u vanjskom okolišu.

Mjerenje taložne i lebdeće prašine izvršeno je prema propisanoj metodologiji, a interpretacija je izvršena prema tada važećem Pravilniku⁸ i Preporukama⁹. Radi lakše interpretacije prikazane su srednje godišnje i maksimalne vrijednosti za veća ispitivana područja (Split, Solin i Kaštela), a za razdoblje od 1981. godine do 1986. godine. Mjerne postaje su bile smještene u Poljudu, Majdanu i Kaštel Sućurcu^{10,11}. Mjerenje lebdeće prašine ne vrši se kontinuirano.

Rezultati

Od ukupnog broja muškaraca umrlih od raka 92,4% su bili pušači. Najveća učestalost pušenja zabilježena je u umrlih od raka grkljana čak 96,9%. Alkohol je konzumiralo 85,4% ispitanika, također sa najvećom učestalošću u umrlih od raka grkljana (92,2%). Žene su značajno manje pušile (43,4%) i konzumirale alkohol (15,8%). Kao i u muškaraca najveća učestalost tih navika zabilježena je u umrlih od raka grkljana (tablica 1).

Tablica 1. Učestalost pušenja i konzumiranja alkohola osoba umrlih od raka dišnih organa

raka	Pušači		Konzumenti alkohola		Pušači		Konzumenti alkohola	
		N(%)		N(%)		N(%)		N(%)
Ždrijelo (146-148)	33	29(87,9)	28(94,8)	4	1(25,0)	0		
Grkljan (161)	64	62(96,9)	59(92,2)	7	4(57,1)	2(28,6)		
Pluća (162)	273	256(93,8)	231(94,8)	57	27(47,4)	8(14,0)		
Popluznica (163)	27	20(74,1)	21(77,8)	8	1(12,5)	2(25,0)		
Ukupno								

Najveći broj ispitanika umrlih od raka dišnih organa bio je u grupi sa pušačkim stažom dužim od 30 godina i to za sve lokalizacije. Najveći broj u toj grupi je bio

za rak grkljana 60 ili 90,9%, a najmanje za rak poplućnice 12 ili 57,1%. U kategoriji do 10 godina pušačkog staža broj umrlih je gotovo zanemariv u odnosu na ukupni broj (tablica 2).

Tablica 2. Duljina pušenja osoba umrlih od raka dišnih organa na području ispitivanja

raka	10	15	20	25	30 i više	Ukupno
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Ždrijelo (146-148)	1 (3,3)	2 (6,7)	-	4 (13,3)	23 (76,7)	30 (100,0)
Grkljan (161)	-	1 (1,5)	2 (3,0)	3 (4,5)	60 (90,9)	66 (100,0)
Pluća (162)	2 (0,7)	12 (4,2)	14 (4,9)	20 (7,1)	235 (83,0)	283 (100,0)
Poplućnica (163)	1 (4,8)	-	5 (23,8)	3 (14,3)	12 (57,1)	21 (100,0)
Ukupno	4 (1,2)	15 (4,3)	21 (6,0)	26 (7,4)	290 (81,1)	346 (100,0)

S obzirom na intenzitet pušenja najveći broj umrlih u kategoriji 40 i više cigareta zabilježen je za rak pluća (45,9%), a u kategoriji do 30 cigareta za ždrijelo (26,7%) i grkljan (36,4%). Ukupno gledano ipak najveći broj umrlih od raka dišnih organa bio je u kategoriji ispitanika koji su pušili 40 i više cigareta dnevno 41,5% (tablica 3).

Tablica 3. Intenzitet pušenja osoba umrlih od raka dišnih organa na području ispitivanja

raka	10	20	30	40 i više	Ukupno
	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)	N (%)
Ždrijelo (146-148)	-	14 (46,6)	8 (26,7)	8 (26,7)	30 (100,0)
Grkljan (161)	3 (4,5)	17 (25,7)	24 (36,4)	22 (33,3)	66 (100,0)
Pluća (162)	6 (2,1)	60 (21,2)	87 (30,7)	130 (45,9)	283 (100,0)
Poplućnica (163)	3 (14,3)	9 (42,8)	3 (14,3)	6 (28,6)	21 (100,0)
Ukupno	9 (2,6)	80 (23,1)	98 (28,1)	136 (39,2)	343 (100,0)

Što se tiče duljine boravka najveći broj ispitanika umrlih od raka bio je u grupi sa boravkom 50 i više godina (43,5%). Međutim kod pušača dolazi do pomaka u grupu sa manjom duljinom boravka, a u koju ih spada čak 55,0%. Taj pomak prema nižoj grupi najizraženiji je za rak pluća tako da je broj od 34,2% za sve umrle porastao na 60,1% za pušače u ovoj grupi (tablica 4).

Tablica 4. Duljina boravka osoba umrlih od raka dišnih organa na području ispitivanja

raka		15	16-20	20-40	50 i više	Ukupno
		N(%)	N(%)	N(%)	N(%)	N(%)
Ždrijelo						
(146-148)	A		1 (2,0%)	11 (22,0%)	0 (0,0%)	12 (12,0%)
Grkljan						
(161)	A	2 (4,0%)	1 (2,0%)	21 (42,0%)	20 (40,0%)	44 (44,0%)
Pluća						
(162)	A	1 (2,0%)	10 (20,0%)	11 (22,0%)	0 (0,0%)	22 (22,0%)
Popluznica						
(163)	A	0 (0,0%)	1 (2,0%)	0 (0,0%)	10 (20,0%)	11 (11,0%)
Ukupno						
	A	3 (6,0%)	12 (24,0%)	22 (44,0%)	30 (60,0%)	67 (67,0%)

A - ukupno umrli od raka dišnih organa

B - pušači umrli od raka dišnih organa

Na tri mjerna mjesta u Kaštelima, Solinu i Splitu, srednje godišnje vrijednosti lebdeće prašine bile su više od tada važećih preporuka. Maksimalne vrijednosti su za neke godine osobito u Solinu i Kaštelima znatno više od preporuka važećih u vrijeme mjerenja (tablica 5).

Tablica 5. Središnje godišnje i maksimalne vrijednosti za lebdeću prašinu za navedene mjerne godine ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Period mjerenja	K. Solin		K. Makarska		K. Ploče	
	C	M	C	M	C	M
1981/82	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1982/83	211,7	100,0	201,0	127,0	100,0	111,1
1983/84	200,0	100,0	200,0	120,0	100,0	100,0
1984/85	100,0	200,0	200,0	100,0	100,0	100,0
1985/86	200,0	100,0	200,0	100,0	100,0	100,0

Rasprava i zaključci

Rezultati istraživanja ukazuju da su učestalost pušenja, konzumiranje alkohola i smrtnost od raka dišnih organa povezani, osobito u osoba umrlih od raka grkljana. Najveći broj umrlih bio je u kategoriji sa najdužim pušačkim stažom i najvećim intenzitetom pušenja. Veza između pojave raka pluća i intenziteta i trajanja pušenja potvrđena je u istraživanjima i Lee i suradnika.¹² U pušača koji puše više od jedne kutije cigareta na dan rizik nastanka raka raste za 15-20 puta u odnosu na nepušače.¹³ Postoje i rezultati nekih istraživanja koji ukazuju da i konzumiranje alkohola povećava rizik za rak pluća.⁶ Interesantni su podaci o duljini boravka

ispitanika na području ispitivanja. Naime kod pušača je najveći broj u grupi sa 30-49 godina boravka, a u ukupnom broju umrlih sa 50 i više godina boravka. To upućuje na mogućnost da uz iste uvjete zagađenja zraka pušači češće a i u kraćem vremenskom razdoblju obole od raka dišnih organa od nepušača. Na povezanost između onečišćenja zraka i rizika od pojave raka dišnih organa ukazuje i Engholm u svojim istraživanjima.¹⁴

Prema parcijalnim navodima o onečišćenju zraka za lebdeće čestice u ovom radu te rezultatima iz ankete može se pretpostaviti da je izloženost pučanstva onečišćenju zraka bila dugotrajna s oscilirajućim, a često i visokim vrijednostima u odnosu na tada važeće preporuke. Značenje podataka bitno se ne mijenja ako se i interpretiraju prema najnovijim preporukama o kakvoći zraka u nas.¹⁵

S obzirom da su kratkotrajne, a visoke ekspozicije s zdravstvenog aspekta opasnije od nižih a dugotrajnih ekspozicija može se zaključiti da nepovoljno stanje okoliša desetljećima prisutno na ovom prostoru je moralo ostaviti negativne posljedice na zdravlje pučanstva ovog rizičnog industrijskog prostora.

U slučaju raka pluća i bronha postoji povezanost između izloženosti azbestu iz okoliša i pušenja^{16,5} što se potvrdilo i u ovom radu. U jednom ispitivanju konzumiranje alkohola je bilo 2 puta češće u umrlih od raka dišnih organa nego u kontrolnoj grupi.¹⁷ Što se tiče mezotelioma nije utvrđen sinergizam između izloženosti azbestu i pušenja.¹⁸

Povezanost između duljine življenja na području onečišćenom azbestom i učestalosti zloćudnih tumora koji se mogu povezati s izloženošću azbestu uočili su i drugi autori u svojim istraživanjima.¹⁹

Iako je smrtnost od raka pluća, larinksa i farinksa povezana sa pušenjem, a kod farinksa i sa navikom uzimanja alkohola rezultati ukazuju da i onečišćenje okoliša (osobito azbest-cementnom prašinom) ima značajnu ulogu u učestalosti i vremenu nastupa smrti zbog raka dišnih organa. U industrijskim područjima treba koristiti tehničke mjere zaštite okoliša od onečišćenja. Treba provoditi edukaciju pučanstva u smislu odbacivanja navika koje povećavaju već prisutne rizike za pojavu raka dišnih organa.

U mjerenju i ocjeni izloženosti treba što više težiti direktnom pristupu, što omogućuje dobivanje uvida o stvarnom unosu pojedinih onečišćenja u organizam čovjeka putem različitih medija u okolišu, te o ukupnom opterećenju organizma.²⁰

Literatura

1. Drinkwater N.R., Sugden B. Mehanizmi karcinogeneze. U. UICC. Manual of Clinical Oncology. Zagreb. Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu 1992. 5-14.
2. Hossfeld DK, Sherman CD, Love RR, Bosch FX ur.: Priručnik kliničke onkologije (Hrvatsko izdanje), International Union Against Cancer, Biblioteka udžbenici i priručnici Medicinskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 1992: 36-57.
3. Hrustić O. Proučavanje utjecaja atmosferskog onečišćenja na respiratorni sistem na školskoj djeci kao modelu. Zagreb: Medicinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 1979. 3-12. Disertacija.

4. Valić F. Monomedijski ili multimedijijski pristup donošenju graničnih vrijednosti faktora okoliša. Prvi hrvatski znanstveno-stručni skup: Zaštita zraka 1997, Crikvenica 1997: 17-22.
5. Oksa P, Klockars M, Karjalainen A. et al. Progresion of asbestosis predicts lung cancer Chest 1998; 113 (6) : 1517-21.
6. Strnad M. Prehrana i prevencija raka. Znanstveno stručno savjetovanje: Prehrana i unapređenje zdravlja u Republici Hrvatskoj u XXI. stoljeću. Zbornik radova, AMZH i sur. 1999: 51-56.
7. Strnad M. Kretanje incidencije i mortaliteta od raka u Hrvatskoj. I Hrvatski epidemiološki kongres. Zbornik sažetaka. Hrvatsko epidemiološko društvo. Split 1999: 57-8.
8. Odluka o zaštiti zraka od zagađivanja. Službenik glasnik općine Split 1982; 11:270-75
9. Preporuke Saveza društva za čistoću zraka, Službeni list 1987; 153.
10. Prikaz zdravstvenog stanja stanovništva i zdravstvene djelatnosti na području općina Split, Solin i Kaštela za 1988. godinu. Zavod za zaštitu zdravlja Split, 1989: 92-106.
11. Analiza zdravstvenog stanja, zdravstveno-ekoloških prilika, organizacije i rada zdravstva na području gradske Zajednice općina Split za 1986. Zavod za zaštitu zdravlja Split. 1987: 33-64.
12. Lee BW, Wain JC, Kelsey KT, Wiencke JK, Christiani DC. Association of cigarette smoking and asbestos exposure with location and histology of lung cancer. Am J Respir Crit Care Med 1998; 157 (3): 748-55.
13. Tomatis L (ed) Cancer: Causes occurrence and control (IARC Scientific Publications No 100). Lyon 1990.
14. Engholm G, Palmgren F, Lynge E. Lung cancer, tobacco smocing and enviromental factors in Denmark. Ugeskr Laeger 1998; 160 (5): 626-31.
15. Uredba o preporučenim graničnim vrijednostima kakvoće zraka. Nar. nov. 1996; 4198-200.
16. Ahrens W, Jockel KH, Palzak W, Elsner G. Alkohol, smoking and occupational factors in cancer of the larynx: a case control study. Am J Ind Med 1991; 20: 477-93.
17. Maier H, Dietz A, Zielinski D, Juneman KH, Heller WD. Risk factors for squamous epithelial carcinoma of the mouth the oropharyns, the hypopharyns and the larynx. Dtsch Med Wocheuschr 1990; 115: 843-50.
18. Montizaan GK, Knaap AG, Heijden CA. Asbestos: Toxicology and risk assessment for the general population in the Netherland. Food Chem Toxicol 1998; 29: 53-63.
19. Vianna NJ, Polan AK. Non-occupational exposure to asbestos and malignant mesothelioma in females. Lancet 1978; 2: 1061-3
20. Šarić M. Onečišćenje zraka - ocjena izloženosti i rizika. Prvi hrvatski znanstveno-stručni skup: Zaštita zraka 1997, Crikvenica 1997; 239-242.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Briški, F.¹, Krstić, D.², Mudronja, D.²

Prisutnost sumpornih bakterija na kamenu i slikanom sloju južnog portala crkve svetog Marka

Sažetak: Spomenici kulture izgrađeni od karbonatnih stijena podložni su propadanju u prisutnosti SO_4^{2-} ali i drugih iona. Nastala oštećenja zbog mrvljenja kamena posljedica su kiselih padalina i/ili biološke aktivnosti prisutnih mikroorganizama. Brojni mikroorganizmi tijekom svoje biokemijske aktivnosti izlučuju organske spojeve, posebice organske kiseline, ali neke bakterije i anorganske kao sumpornu kiselinu, koja djeluje korozivno na kalcijev karbonat.

U ovom radu provedene su fizikalno kemijske analize uzoraka kamena i slikanog sloja s južnog portala crkve svetog Marka u Zagrebu i istražena je prisutnost mikroorganizama. Rezultati istraživanja ukazuju da su u svim uzorcima slikanog sloja i kamena prevladavali ioni sulfata, a u uzorcima kamena i do $w = 5,21$ %. Izolirane su i aerobne fakultativno autotrofne sumporne bakterije koje pripadaju rodovima *Thiobacillus*, *Sulfobacillus* i *Thiosphaera*. Budući da ove bakterije mogu koristiti reducirane oblike spojeva sumpora kao izvor energije, na kraju oksidativnog puta nastaju depoziti sulfata koji su i dokazani kemijskom analizom uzoraka kamena.

Presence of Sulphur Bacteria on Stone and Paint Layer on Southern Portal of the Church Saint Marko

Summary: The cause of progressive deterioration of churches, sculptures and other artistic works out in the open is atmospheric pollution. Disintegration of surface of stone works is the result of acid rains and/or due to the microbial activity. Fungi, algae and lichens are easy to observe when they vegetate, whereas bacteria are invisible and only the irreparable damage they produce reveals their present or past existence. These organisms, while they are alive, emanate citric acids, oxalic acids, fatty acids and, in the case of *Thiobacilli*, sulphuric acid.

In this work physical, chemical and microbiological research on samples of stones and paint layer from southern portal of the Church Saint Marko in Zagreb have been carried out. The concentrations of mineral salts in samples were determined using UV-spectrophotometer and by atomic absorption spectrometry. The presence of contaminant

1 Felicita Briški, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb

2 Dragica Krstić, Domagoj Mudronja, Hrvatski restauratorski zavod, Zagreb

microorganisms on samples collected from a deteriorating church is also investigated. For microbiological analysis several enrichment media were selected. The enrichment cultures for sulphur oxidising bacteria were obtained using mineral media supplemented with sulphur flower, natrium sulphide or natrium thiosulphate. Cultures were incubated at 25 °C during four weeks and readings were taken every week.

According to the obtained results in the samples of the stone and in the paint layer among the other salts dominated the sulphate ions. On the contrary in the sample of the stone taken as a control from the abandoned quarry (Medvednica), chemical analysis showed absence of SO_4^{2-} or NO_3^- ions. Furthermore, microbiological analysis indicated that on the investigated samples is present the mixed bacterial culture. In the mineral media containing sulphur, sulphide or thiosulphate was detected the growth of sulphur oxidising bacteria. From these media were isolated colonies in pure culture, spreading them on agarised medium. The isolated bacteria are aerobic chemolithotrophic bacteria belonging to the genera Thiobacillus, Thiosphaera and Sulfobacillus. These bacteria being able to oxidise the reduced forms of sulphur, at the end of their metabolic activity produce sulphate ions, which is among the others a deterioration factor on calcareous objects.

In order to understand what is happening with deteriorating monuments it is important to have all information at present available. Thus, the city does have pollution due to automobiles and industrial activity. The measurements of SO_2 concentration in the atmosphere near the Church, in the last two and half decade, show a variation of its concentration in the air. In some periods SO_2 concentration is higher and sometimes lower. However, beside sulphur dioxide many other substances may play a role in the deterioration of calcareous materials, such as carbon dioxide, hydrogen sulphide, nitrogen oxide and dioxide, ozone, ammonia and even water vapour.

1. Uvod

Južni portal crkve sv. Marka ugrađen je u postojeći zid crkve početkom 15. stoljeća. Materijali (kamen i pijesak) uporabljeni za njegovu izgradnju porijeklom su s područja Zagrebačke gore. Trijem je prigraden kasnije tako da je stvoren nadstvođeni prostor ispred ulaza koji štiti portal od izravne izloženosti udarima kiše. Portal je ukrašen oslicima, figuralnom i arhitektonskom plastikom.

Prvi konzervatorski zahvat na portalu datira iz 1949. godine. Noviji radovi traju uz prekid od sedamdesetih godina do danas. Od tada su provedena opsežna istraživanja stanja portala. Ustanovljena su četiri oslika, djelomice sačuvana, kako na kipovima tako i na arhitekturi. Fizikalno-kemijskim i mineraloško-petrografskim analizama elemenata portala (kamena, žbuke i slikanih slojeva) određen je njihov sastav i oblik oštećenja. Dezintegracija materijala nastaje uglavnom zbog propadanja kamenih elemenata izloženih klimatskim utjecajima kao i uvjetima urbanog okoliša (1, 2). Međutim i biološki čimbenici mogu biti uzrokom propadanja objekata (3, 4).

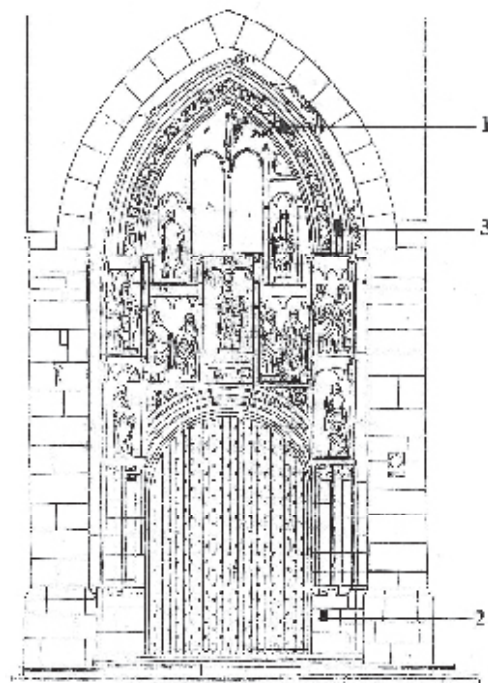
U ovom radu su uz fizikalne i kemijske čimbenike koji utječu na propadanje spomenika istraživani i uzročnici biokorozijske materijala, kao što su sulfat oksidirajuće bakterije.

2. Materijal i metode rada

Uzorci kamena i slikanog sloja s oštećenih dijelova južnog portala uzeti su za analizu mineralnih soli i mikrobiološku analizu. Za usporedbu ispitan je i uzorak vapnenca iz kamenoloma na Medvednici u svrhu utvrđivanja sadržaja soli u izvornom kamenu. Mjesta uzorkovanja i brojevi uzoraka označeni su na shematskom prikazu južnog portala (slika 1). Makroskopskim i mikroskopskim pregledom uzoraka utvrđeni su boja, izgled i vidljiva oštećenja ispitivanih materijala.

Iz prethodno usitnjenih i homogeniziranih uzoraka priređeni su vođeni ekstrakti i UV spektrofotometrijski (Perkin -Elmer, 120) određeni anioni: sulfati, kloridi i nitrati. Na atomskom apsorpcionom spektrometru (Shimadzu AA-600) određivani su sljedeći kationi: natrij, kalij, kalcij i magnezij.

U sterilnim uvjetima usitnjeni i homogenizirani uzorci preneseni su u Erlenmeyerove tikvice s tekućim mineralnim podlogama (4, 5) uz dodatak odgovarajućih reduciranih spojeva sumpora. Uzorci su inkubirani pri 25 °C tijekom četiri tjedna. Bakterije iz tekuće podloge su zatim precjepljene na čvrste podloge kako bi se dobila čista kultura. Nakon toga se pristupilo identifikaciji prema morfološkim karakteristikama izraslih kolonija, pregledom pod mikroskopom i bojenjem po Gramu.



Slika 1. Shematski prikaz južnog portala crkve svetog Marka s oznakama mjesta uzorkovanja

3. Rezultati i rasprava

Poznato je da je crkva svetog Marka sagrađena od kamena podrijetlom s Medvednice. Rezultati makroskopskih i mikroskopskih analiza uzoraka kamena ukazuju da su uzorci žućkaste, žućkasto-smeđkaste i sivkaste boje, porozni i šupljikavi kao i kamen Zagrebačke katedrale (6). U porama i šupljinama, a mjestimice i na površini vidljivi su kristali soli bijele boje. Na uzorku kamena sa zelenim slikanim slojem uočene su crne mrlje. Kamen bez slikanog sloja (nije ga imao ili je otpao) sivkasto je patiniran. Mjestimice je patina tvrđa od kamena koji se drobi u rukama. Nasuprot tome uzorak kamena uzet kao kontrola iz napuštenog kamenoloma Bizek na Medvednici, po izgledu je dosta čvrst, porozan, blijedo-žute boje i karakterističnog rupičastog izgleda što je u skladu s objavljenim podacima (7, 8). Kamen je nastao cementiranjem vapnenačkih skeleta crvenih algi porodice *Corallinaceae* iz roda *Lithotamnium*. One su bile jedan od tvoraca vapnenačkih grebena u miocenu, po kojima je i dobio naziv litotamnijski vapnenac, u građevinarstvu poznat kao litavac. Rezultati kemijske analize mineralnih soli prisutnih u istraživanim uzorcima kamena i slikanog sloja predloženi su u tablici 1.

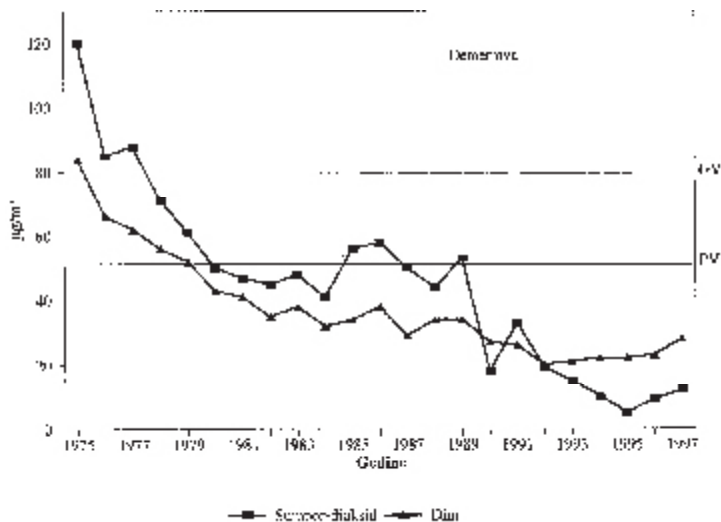
Tablica 1. Rezultati kemijske analize mineralnih soli u uzorcima i izvornom *kameni

	Na ⁺ %	K ⁺ %	Ca ²⁺ %	Mg ²⁺ %	SO ₄ ²⁻ %	Cl ⁻ %	NO ₃ ⁻ %
1. kamen	0,0622	0,073	1,773	0,073	0,209	< 0,05	2,29
2. kamen	0,170	0,114	2,769	0,151	0,778	< 0,03	5,21
3. slikani sloj	0,006	0,004	0,552	0,022	0,374	< 0,01	< 0,08
4. *kamen	-	-	-	-	< 0,01	< 0,01	< 0,01

dok su u uzorcima kamena s portala maseni udjeli ovih aniona veliki i u skladu s predloženom austrijskom normom (9) potrebno je objekt hitno sanirati. Vodotopljive mineralne soli (10, 11) koje se javljaju u zidovima su karbonati, sulfati, kloridi, nitrati i oksalati natrija, kalija, kalcija, magnezija i amonijaka. One penetriraju u materijale kroz pore i šupljine kao vodene otopine i akumuliraju se pri površini materijala. Kristalizacija sulfata, najčešće u obliku gipsa, a zatim mirabilita/tenardita i epsomita/heksahidrita/kizerita je najčešći uzrok ubrzanog propadanja karbonatnog materijala kao što je vapnenac ili dolomit, a koji su uporabljeni pri gradnji objekta i izradi zidnih slika (12).

Sumpor, neophodan za ovaj proces dezintegracije može potjecati iz različitih izvora (1) kao što je atmosfera (SO_2), kisele kiše, asfalt, vulkanizirana guma, gips kao sastavni dio slikanog sloja, građevni materijal zida, metabolički procesi mikroorganizama, ptičji ekskreti, tlo i podzemne vode. Tako je u slici 2. prikazan trend srednjih godišnjih koncentracija SO_2 i dima na mjernoj postaji u Demetrovoj ulici (13) za razdoblje od 1975-1997. Koncentracije SO_2 i dima dane su u $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka, a dim predstavljaju sve krute čestice iz zraka.

Poznato je da su građevni i dekorativni elementi južnog portala izravno izloženi utjecaju urbane atmosfere. U cijelom spektru atmosferskog onečišćenja bitan segment je zakiseljavanje okoliša sumpornom kiselinom koja potječe od SO_2 iz zraka. Posljedica toga je mrvljenje kamena vapnenca. Iako je koncentracija SO_2 od 1979. niža od granične vrijednosti, ona je dovoljna za kontinuiranu aktivnost bakterija.



Slika 2. Trend srednjih godišnjih koncentracija sumporovog dioksida i dima na mjernoj postaji u Demetrovoj ulici

Rezultati provedenog bakteriološkog istraživanja ukazuju da su na uzorcima slikanog sloja kao i u kamenu prisutne mješovite kulture bakterija. Među izoliranim bakterijama su dominirale aerobne kemolitotrofne bakterije i to bezbojne bakterije koje oksidiraju sumpor.

Bakterije iz roda *Thiobacillus* su sitni Gram-negativni štapići veličine stanice $0,4 \times 3,1 \mu\text{m}$. Energiju za svoj rast i razvoj deriviraju zahvaljujući oksidaciji jednog ili više reduciranih spojeva sumpora, uključujući, sulfide, elementarni sumpor i tiosulfate. Tijekom oksidacije ovih sumpornih spojeva kao konačni produkt nastaje sulfat. Nadalje, sve vrste iz ovog roda mogu fiksirati CO_2 Benson-Calvin ciklusom te su sposobne rasti autotrofno. Bakterije iz roda *Sulfobacillus* su štapićaste Gram-pozitivne, sporogene bakterijske stanice u kratkim lancima pri krajevima zaobljene. Bakterije su striktni aerobi i fakultativni kemolitoautotrofi. Rastu i kao heterotrofi uz dodatak glukoze, saharoze i kvašćevog ekstrakta. Oksidiraju Fe^{2+} , sulfide ili sumpor. Predstavnici iz ova dva roda izolirani su iz uzorka slikanog sloja. Iz uzoraka kamena izolirana je vrsta iz roda *Thiobacillus* i vrsta iz roda *Thiosphaera*. Bakterijske stanice iz roda *Thiosphaera* su Gram-negativne kokoidnog oblika i javljaju se u parovima. Imaju respiratorni metabolizam, pri čemu stanice mogu koristiti kisik i/ili nitrat, nitrit ili dušikov oksid kao terminalni akceptor elektrona. Fakultativni su kemolitoautotrofi koji mogu koristiti reducirane sumporne spojeve kao izvor energije za

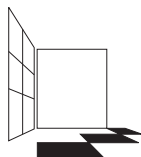
svoj rast. Ugljikov-dioksid (CO_2) im može poslužiti kao izvor ugljika. Uobičajeno su oksidaza i katalaza pozitivni. Karakteristike izoliranih bakterije u skladu su s objavljenim podacima (14). O sličnim rezultatima su izvjestili istraživači Gugliandolo i Maugeri (5), koji su s kamena jedne crkve u Italiji izolirali 16 bakterijskih vrsta među kojima su prevladavale vrste *Thiobacillus novellus* i *Th. intermedius*.

4. Zaključak

Kristalizacija soli je ozbiljan konzervatorski problem jer štetno djeluje na porozne materijale kao što su kamen, žbuka, opeka i zidne slike. Cikličkom kristalizacijom soli dolazi do fizičkog razaranja materijala, a prisutne soli često inhibiraju procese konsolidiranja pomoću nekih uobičajenih konzervatorskih materijala. Tijekom 1998. god. učvršćivani su samo najoštećeniji dijelovi arhitekture južnog portala. U tijeku je izrada prijedloga koncepta prezentacije i zaštite cijelog portala što uključuje i kipove.

Literatura

1. RÖSCH H., SCHWARZ H.-J., Damage to Frescoes caused by sulphate – bearing salts : where does the sulphur come from?, *Studies in Conservation* 38, 1993., 224-230.
2. BHARGAV J.S, MISHRA R.C, DAS C.R., Enviromental deterioration of stone monuments of Bhubaneswar, The temple city of India, *Studies in Conservation* 44, 1999., 1-11.
3. BARCELLONA V, LIDIA M., SILA M., Isolation of various sulphur oxidizing bacteria from stone monuments, Proceedings of the International Symposium on The Conservation of Stone I, Bologna, June 19-21, 1975., 233-244.
4. GUGLIANDOLO C, MALLGERI T.L., Biodeterioration of stone by sulphur bacteria, Proceedings of the 1st International Symposium on the Conservation of monuments in the Mediterranean Basin, Bari 7 – 10 June 1989., 221-224.
5. RODINA A.G., *Methods in Aquatic Microbiology*, University Park Press, Baltimore, 1972., 323-358.
6. CRNKOVIĆ B., Zagrebačka katedrala, oštećenja ugrađenog kamena, *Klesarstvo i graditeljstvo*, 3-4, 1992, 20 – 26.
7. PIKIJA M., ŠIKIĆ K., TIŠLJAR J., VRSALJKO D., GLOVACKI-JERNEJ Ž., Badenski sedimenti kamenoloma Bizek, u *Geološki vodič Medvednice* (Uredn. K. Šikić), Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 1995., 44-46.
8. VRSALJKO D., ŠIKIĆ K., PIKIJA M., GLOVACKI-JERNEJ Ž., MIKNIĆ M., Miocenske naslage Gornjeg Vrapča, u *Geološki vodič Medvednice* (Uredn. K. Šikić), Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 1995., 61-67.
9. Vorschlag ÖNORM B 3355-1, Bauschädliche Salze, Österreich, 1994..
10. ARNOLD A., Determination of mineral salts from monuments, *Studies in Conservation* 29, 1984., 129-138.
11. ARNOLD A., ZEHNDER K., Monitoring Wall Paintings Affected by Soluble Salts, Proceedings of a Symposium on The Conservation of Wall Paintings, London, July 13-16, 1987., 103-109.
12. WINKLER E.M., *Stone: Properties, Durability in Man's Enviroment*, Springer Verlag, Wien, 1975., 102-125.
13. Izvješće Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, 1998.
14. HOLT J.G., KRIEG N.R., SNEATH P.H.A., STALEY J.T., WILLIAMS S.T., *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology 9th Ed.*, Williams&Wilkins, Baltimore, 1994., 427-450.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Snježana, F.¹, Jelavić, V.¹, Šatalić, S.², Lindić, V., Martinović, J., Vranković, A.

Računanje i kartiranje kritičnog opterećenja šumskih ekosustava sjeverozapadne Hrvatske u sklopu konvencije o prekograničnom daljinskom onečišćenju zraka

Sažetak: U radu će se prikazati rezultati računanja i opterećenja kritičnog taloženja "kiselih" sastojaka iz atmosfere za šumski ekosustav dijela sjeverozapadne Hrvatske (dva kvadrata EMEP mreže 50x50).

Kritične razine taloženja (critical loads) utvrđene su primjenom SSMB (Steady – State Mass Balance) metode koju je preporučio Europski koordinacijski centar za učinke (CCE). SSMB metoda je primjenjena i kod računanja i kartiranja kritičnog opterećenja šumskog ekosustava Gorskog kotara. Za šumski ekosustav dijela sjeverozapadne Hrvatske, na površini od dva EMEP-ova kvadranta, utvrđena su ukupno 26 tipova pedološko vegetacijskih sekvenci (receptora). Za svaki vegetacijsko – pedološki tip prikazat će se vrijednosti kritičnog opterećenja, s obzirom na taloženje sumpora i dušika. Nadalje će se istaknuti važnost kompletiranja podataka za kartiranje cijele Hrvatske, obzirom da se utvrđivanje potrebnog smanjenja emisija zemalja potpisnica Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka (LRTAP), temelji na određivanju kapacitivnih mogućnosti ekosustava za trajni prihvata onečišćenja, odnosno na nacionalnim kartama "kritičnog opterećenja".

Calculation and Mapping of Critical Load in Croatia in the Framework of Long Range Transboundary Air Pollution Convention

Summary: This paper presents the results of computation and mapping of critical loads in North West part of Croatia (two 50x50-km² EMEP grids).

The critical loads are determined by Steady State Mass Balance (SSMB) recommended by European Co-ordination Centre for effects (CCE). SSMB method was used in calculating and mapping the critical load of forest ecosystem of Gorski Kotar. For the area of two EMEP grids in forest ecosystem of North Western Croatia, 26 types of vegetation sequences have

1 Fijan Snježana dipl.inž., mr.sc. Vladimir Jelavić, dipl.inž., EKONERG

2 Mr.sc. Stella Šatalić, dipl.inž., DUZPO)

Vladimir Lindić, dipl.inž.; Dr.sc. Jakob Martinović; Mr.sc. Andrija Vranković, dipl.inž.

been determined. For every vegetation type the critical load of nitrogen and sulphur is shown. It emphasises the need of collecting data for mapping of whole Croatia, considering that the reduction of emission is based on capacity of eco-system for accepting permanent pollution, or based on the national map of critical load.

Uvod

Čovjek je svojom aktivnošću u posljednjih 200. godina bitno utjecao na promjene u atmosferi. Nekontrolirana emisija stakleničkih kao i drugih plinova u atmosferu bitno je doprinijela narušavanju globalne prirodne ravnoteže. Kao posljedica tih promjena dolazi do promjene klime, kiselih kiša, eutrofikacije, promjene u kakvoći zraka u urbanim sredinama te smanjenja koncentracije ozona u višim slojevima atmosfere. Već dugi niz godina problem prekograničnog prijenosa onečišćenih tvari atmosferom na velike udaljenosti predmet je znanstvenih i političkih rasprava.

Problem se prvenstveno odnosi na prijenos kiselih sastojaka koji se smatraju glavnim uzročnikom propadanja šuma. Očuvanje šumskih ekosustava indirektno utječe na globalne klimatske promjene. Kiseli sastojci posljedica su emisije sumpor dioksida i dušikovih oksida koji nastaju izgaranjem fosilnih goriva a najveći emiteri su energetske izvori. Pored "kiselih plinova" predmet istraživanja su: ozon, teški metali, amonijak, te postojani organski spojevi.

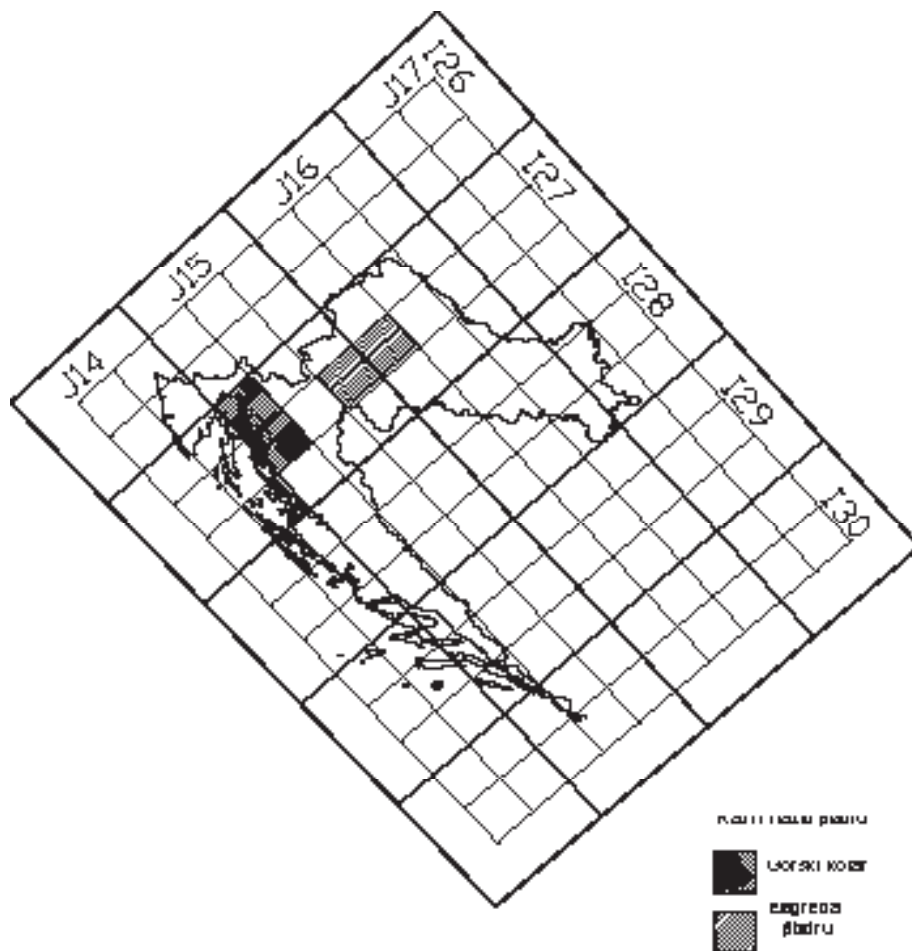
U okviru Konvencije o dalekosežnom prekograničnom prijenosu onečišćenja (LRTAP) koju koordinira Europsko gospodarsko povjerenstvo Ujedinjenih naroda (UNECE) rješavaju se pitanja strateškog djelovanja na razini europskih zemalja. Utvrđivanje potrebnog smanjenja emisije temelji se na određivanju kapacitivnih mogućnosti ekosustava za trajni prihvata onečišćenja, odnosno na kartama kritičnog opterećenja. *Kritično opterećenje definira se kao ona razina izlaganja jednoj ili više štetnih tvari ispod koje prema današnjem stupnju saznanja neće doći do značajnog štetnog učinka na određenu osjetljivu jedinku okoliša.* Hrvatska je potpisnica LRTAP konvencije kao i svih pratećih protokola što nas obvezuje da redovito dostavljamo podatke u Europski Koordinacijski Centar (CCE). Stoga je osnovan nacionalni centar za računanje i kartiranje kritičnog opterećenja pri Državnoj upravi za zaštitu prirode i okoliša, dok je Institut za energetiku i zaštitu okoliša (EKONERG) izvršna institucija.

U ovom radu daje se prikaz rezultata računanja i kartiranja kritičnog taloženja kiselih sastojaka iz atmosfere za šumski ekosustav dijela sjeverozapadne Hrvatske (dva kvadrata EMEP mreže 50x50) (Jelavić i drugi, 1999.). Rezultati su prethodni obzirom da je dovršenje studije u tijeku. Suradnja Republike Hrvatske u međunarodnom projektu kartiranja kritičnog opterećenja započela je pilot projektom kartiranja kritičnog opterećenja šumskog ekosustava Gorskog kotara (V. Jelavić i drugi, 1998.). Za nastavak istraživanja izabrano je zagrebačko područje (Slika 1.) i to iz više razloga:

- područje sa izrazitim ekološkim značenjem i raznolikim obilježjima (vrlo važna i složena ekološka obilježja, geologijska građa, reljef i orografski pojasi,

podneblje i bioklimati, vrste tala, vodne prilike i utjecaj svega navedenog na sastav i slojevitost šumskog i ostalog raslinstva).

- projekt je dijelom financiran od potencijalnih onečišćivača koji se nalaze na tom području i koji su prepoznali problem
- veliki broj već postojećih stojbinskih podataka koji su uvelike olakšali izvedbu projekta.



Slika 1: Područje obuhvaćeno kartiranjem kritičnog opterećenja kiselim sastojcima.

Metoda rada

Primijenjena metoda izračunavanja bila je kao i kod pilot projekta kartiranja kritičnog opterećenja u šumama Gorskog kotara. SSMB metoda je vrlo detaljno opisana u studiji "Razvoj modela za kartiranje kritičnog opterećenja s primjenom na ekosustavu Gorskog kotara". (V. Jelavić i drugi, 1998.).

Na površini od dva EMEP-ova kvadranta (50x50) utvrđeno je ukupno 26 tipova pedološko vegetacijskih sekvenci (receptora). Za potrebe studije provedena su istraživanja na 213 profila šumskih tala.

Sadržaj modela. Prema instrukciji Koordinacijskog centra za efekte (CCE, 27. September 1996.) računanjem kritičnog opterećenja utvrđuju se ove veličine:

1. Najveće kritično opterećenje sumporom, CL_{max} (S);
2. Najmanje kritično opterećenje dušikom, CL_{min} (N);
3. Najveće kritično opterećenje dušikom, CL_{max} (N);
4. Kritično opterećenje hranjivim dušikom, CL_{nut} (N);
5. Taloženje baznih kationa, BC*_{dep} - Cl*_{dep}
6. Iznošenje baznih kationa, BC_u;
7. Trošenje baznih kationa, ANC_w or BC_w
8. Kritično alkalno cijedenje, Alle(crit) + Hle(crit) = -ANC_{le}(crit)
9. Kritični imobilizirani dušik, N_i;
10. Mineralni oblik dušika, N_u;
11. Kritično cijedenje dušika, N_{le}(crit);
12. Tip ekosustava (receptor).

Veličine pod brojem 1, 2, 3, i 4 su obavezne za integraciju nacionalnih podataka u Europske karte kritičnog opterećenja, a ostale veličine služe CCE-u za međunarodnu usporedbu rezultata i otkrivanje mogućih sistemskih razlika.

Osnovnu strukturu SSMB modela čine ove bilančne jednadžbe (Status Report, 1997.):

$$1. \quad CL_{\max}(S) = CL(A) + BC_{\text{dep}} - BC_u$$

$$CL(A) = ANC_w - ANC_{le(crit)}$$

$$ANC_w = BC_w; \quad ANC_{le(crit)} = -Alk_{le(crit)}$$

$$2. \quad CL_{\min}(N) = N_{u(crit)} + N_{i(crit)}$$

$$3. \quad CL_{\max}(N) = CL_{\min}(N) + CL_{\max}(S) / (1 - f_{de})$$

$$4. \quad CL_{nut}(N) = N_{u(crit)} + N_{i(crit)} + N_{le(crit)} / (1 - f_{de})$$

U nastavku daje se kratak pregled postupka za utvrđivanje temeljnih veličina modela.

ANC_w (weathering acid neutralising capacity) – sposobnost neutralizacije kiselosti nastala trošenjem stijena. ANC_w vrijednosti su izračunate prema Mapping Vademecum (Hettelingh and W. de Vries, 1992.).

Alk_{le (crit.)} - kritično alkalno cijeđenje (iznošenje iz tla):

$$\text{Alk}_{\text{le (crit)}} = -Q ([\text{Al}]_{\text{crit}} + [\text{H}]_{\text{crit}})$$

Ulazni podaci (W. de Vries, 1991.)

$[\text{Al}]_{\text{crit}}$ (molc/m ³)	$[\text{H}]_{\text{crit}}$ (molc/ m ³)	
pH > 4,0	0,2	0,1
pH < 4,0	0,4	0,2

I (interception evaporation) – srednja godišnja evaporacija s krošanja stabala.

$$I = p^*a$$

Ulazni podaci "a" vrijednosti (W. de Vries, 1991.) : borovi 0,25, smreka 0,45, jela 0,40 (omjer smjese: jela 60%, bukva 40%, a = 0,34), bukva 0,25 i hrastovi 0,15. Ulazni podaci za oborine temelje se na tridesetogodišnjim klimatološkim vrijednostima s pet meteoroloških postaja (Bertović, 1994.).

BC_u (base cation uptake) – iznošenje baznih kationa.

Tečajni prirast m³ha⁻¹god⁻¹ i posječena deblovina za normalno korištenje šuma (Cestar i dr. 1986.). Srednje vrijednosti volumne gustoće drva (kg m⁻³) i sadržaja Ca, Mg, K, Na (W. de Vries, 1991.).

N_{le (acc)} (critical nitrogen leaching) - kritično cijeđenje dušika

$$N_{\text{le (acc)}} = q^* [\text{N}]_{\text{crit}}$$

Ulazni podaci (Posch et. al., 1993.)

Tipovi šuma	$[\text{N}]_{\text{crit}}$ (mg Nl ⁻¹)
smreka i jela	0,15
bukva i jela	0,35
hrast	0,35

Ni_(crit) (critical immobilisation nitrogen)- imobilizirani dušik

Ulazni podaci:

2-5 kg N ha⁻¹ god⁻¹ (Posch et.al., 1993.)

Imobilizacijski raspon N nadijeljen je po receptorima na temelju sadržaja ukupnog N u A horizontu tla

Sadržaj N	N _{i(crit)} (kg N ha ⁻¹ god ⁻¹)
< 0,40	2
0,40 – 0,50	3
0,50 – 0,60	5
> 0,60	5

N_{de} - denitrifikacijska frakcija dušika

$N_{de} = f_{de} (N_{dep} - N_u - N_i)$ if $N_{dep} > N_u + N_i$

f_{de} – denitrifikacijska konstanta koja ovisi o tipu tla i stupnju prozračnosti (CCE Status Report, 1993.).

f_{de} – raspon vrijednosti 0,3 – 0,5 (Posch et. al., 1993).

Bc_{dep} (base cation deposition)- taloženje baznih kationa. Ulazni podaci dobiveni mjerenjem na devet postaja Državnog hidrometeorološkog zavoda (Vidić S., 1997., 1998.).

Rezultati

Rezultati računanja prikazani su u Tablici 1. Kritično opterećenje za sumpor iznosi 946 – 2854 eq ha⁻¹ yr⁻¹, a za hranidbeni dušik 1085–1814 eq ha⁻¹ yr⁻¹.

Tablica 1: Izračunate vrijednosti kritičnih opterećenja za šumske ekosustave dijela sjeverozapadne Hrvatske

Stajalište	Tip tla	Vrijednost	Vrijednost	Vrijednost
1041	116	3113	1085	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1049	107	3368	1145	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1043	104	4018	1111	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1043	104	4018	1111	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1045	106	4185	1189	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1043	107	3341	1300	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1033	101	3484	1034	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1043	104	3131	1111	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1043	106	3143	1189	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1111	111	3114	1113	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1110	111	4017	1330	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1446	109	1995	1330	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
144	1001	1331	1401	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1143	111	3109	1330	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1614	109	1995	1090	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1238	1199	2990	1000	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1008	1413	2853	1814	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1001	110	1110	1011	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1311	1004	3081	1000	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1959	1009	5106	1951	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1109	100	4114	1319	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1930	999	4899	1542	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1999	720	4725	1300	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
2308	1000	5742	1549	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium
1130	1111	3031	1001	Stijenačica - fagelium, fagelium, fagelium

Prema podacima DHMZ-a za razdoblje 1997-1998., taloženje sumpora na osam postaja lociranih na promatranom području bio je 522–1209 eq ha⁻¹ yr⁻¹ (prosjeak 752 eq ha⁻¹ yr⁻¹), a za ukupni dušik 770 – 1858 eq ha⁻¹ yr⁻¹ (prosjeak 1210 eq ha⁻¹ yr⁻¹) (Vidić S., 1997., 1998.). Ističe se da su vrijednosti za kritično opterećenje hranidbenim dušikom oko tri puta veće od podataka koje je prethodno odredio CCE. To se djelomično može objasniti time što je vrijednost Nu (nitrogen uptake) - iznošenje dušika, u istraživanim profilima tala vrlo visok. Naime, veličina Nu ulazi u proračun za hranidbeni dušik i to je jedan od razloga što su naše vrijednosti znatno više od vrijednosti EU-DB. Iz prethodnog može se zaključiti da taloženje sumpora nije prekoračilo vrijednosti kritičnog opterećenja. Talozenje dušika na nekim područjima je iznad kritičnog opterećenja i potrebno ga je smanjiti. Ovo je gruba procjena stanja, stvarna ocjena biti će dana kad se odrede percentili i izolinije zaštite.

Rezultati istraživanja prihvaćeni su od CCE i objavljeni u Status Report 1999. Projekt je prezentiran na desetoj međunarodnoj radionici o kartiranju kritičnog opterećenja u lipnju 1999. godine u Pragu.

Zaključak

Prekograničnim prijenosom Hrvatska mnogo više prima onečišćenja nego što izvozi, a po emisiji štetnih tvari emisija Hrvatske među najmanjima je u Europi. Karte kritičnog opterećenja predstavljaju temeljnu podlogu za planiranje po konceptu održivog razvoja, a to znači usklađivanje čovjekom stvorene emisije sa zahtjevom trajne održivosti ekosustava.

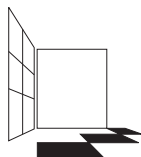
Stoga je ovaj projekt od izuzetne važnosti za Hrvatsku jer se kroz njega može konkretno djelovati na smanjenje emisije u drugim zemljama.

Obzirom na važnost ovog projekta, cilj je izvršiti kartiranje cjelokupnog teritorija Hrvatske s obzirom na taloženje kiselih sastojaka iz atmosfere. U buduća istraživanja potrebno je uključiti određivanje kritičnog opterećenja teških metala kako bi se dobila kompletna slika zajedničkog djelovanja više štetnih tvari. Također treba započeti sa primjenom dinamičkih modela za koje postoji dovoljno podataka. U većini zemalja Europe ovakva istraživanja već su započela.

Literatura

- Bertović S., (1994.), Einige Naturbesonderheiten der Zagreber Region, Hortikultura 1-4/94.
- Cestar D., Hren V., Kovašević Z., Martinović J., Pelcer Z., (1986.): Uputstva za izradu karte ekološko-gospodarskih tipova, Radovi br.4, 1-125, Jastrebarsko.
- Downing R.J., J - P. Hettelingh and P.A.M. de Smet (eds.), (1993.), Calculation and Mapping of Critical Loads in Europe: CCE Status Report 1993. National Institute of Public Health and Environmental Protection Rep. No. 259101003, Bilthoven, Netherlands.

- Jelavić V., Šatalić S., Martinović J., Vranković A., (1998.), Razvoj modela za kartiranje kritičnog opterećenja s primjenom na ekosustavu Gorskog kotara, EKONERG, Zagreb.
- Jelavić V., Fijan S., Šatalić S., Lindić V., Martinović J., Vranković A., (1999.), Računanje i kartiranje kritičnog opterećenja šumskih ekosustava dijela sjeverozapadne Hrvatske, EKONERG, Zagreb.
- Hettelingh J - P. and W. de Vries, (1992.), Mapping Vademecum. National Institute of Public Health and Environmental Protection Rep. No. 259101002, Bilthoven, Netherlands.
- Martinović J. and Vranković A., (1997.), Pernar N. (1997., 1998.), Dopuna pedoloških podataka na EMEP-ovim kvadrantima Zagrebačkog područja, rukopis.
- Posch M., J - P. Hettelingh H.U. Sverdrup K. Bull and W. de Vries, (1993.), Guidelines for the Computation and Mapping of Critical Loads and Exceedances of Sulphur and Nitrogen in Europe. In: Downing et. al., 1993. op. cit.
- Vries W. de, (1991.), Methodologies for the assessment and mapping of critical loads and the impact of abatement strategies on forest soils. DLO The Winand Staring Centre, Wageningen, Netherlands, Rep. 46, 109 pp.
- Vidić S. (1997., 1998.): Balk deposition data from stations Ogulin, Varaždin, Puntijarka, Maksimir, Križevci, Sisak, Karlovac, Bjelovar, Krapina, Meteorological and Hydrological Service of Croatia.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Kovačević, T.¹, Tomšić, Ž.¹, Debrecin, N.¹

Eksterni troškovi uslijed emisija iz termoelektrana

Sažetak: *Proizvodnja električne energije ima određene negativne posljedice na okoliš i ljudsko zdravlje. Budući da štetni učinci nisu uračunati u cijenu električne energije, javljaju se tzv. eksterni troškovi. U ovom radu se računaju eksterni troškovi dviju reprezentativnih elektrana na ugljen i prirodni plin, vezani uz učinke onečišćenja zraka na zdravlje ljudi. Kao uzrok onečišćenja promatraju se emisije krutih čestica, sumpornog dioksida i dušičnog oksida. Eksterni troškovi računaju se metodom slijeda utjecaja.*

Danas je u svijetu trend da se eksterni troškovi uključe u planiranje resursa. U elektroenergetici to znači da se različite opcije za proizvodnju električne energije vrednuju s aspekta utjecaja na okoliš, a eksterni troškovi uzmu u obzir pri izboru optimalne razvojne strategije elektroenergetskog sustava. U radu je analizirano kako bi izračunati eksterni troškovi utjecali na optimalni sastav novih proizvodnih kapaciteta u hrvatskom elektroenergetskom sustavu do 2030. godine.

External costs caused by power plant emissions

Summary: *External costs of electricity represent the monetary value of the environmental damage caused by electricity generation. Here they are evaluated using the impact pathway method on the local and European-wide scale. The focus was put on the priority impacts, i.e. health effects of air pollution caused by two representative coal and gas fired facilities, considered candidates for future construction. The analysis showed that damages linked to coal power plants are much larger than those linked to gas fired facilities, since the latter are responsible only for NO_x emission and nitrates. The highest damages are attributable to particulate matter, on local level directly while on the regional level in the form of sulfates and nitrates. Health damages highly depend on the number of people affected, and thus regional external costs are higher than the local ones. When incorporated into electricity system expansion planning, the local external costs do not significantly influence the optimal capacity mix, but the regional external cost do so in a great deal. With regional external costs added, competitiveness of coal units gets largely reduced, so they lose battle with nuclear units. It is important to define geographical scope within which the impact should be taken into account, since that can influence decision making in the country of emissions' origin.*

¹ Tea Kovačević, Željko Tomšić, Nenad Debrecin, Fakultet elektrotehnike i računarstva Zagreb, Zavod za visoki napon i energetiku

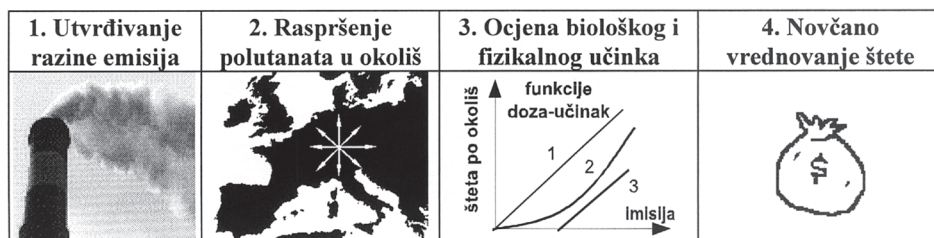
Uvod

Eksterni troškovi električne energije predstavljaju novčanu vrijednost štete po okoliš i/ili zdravlje koja nastaje u lancu proizvodnje električne energije. Oni mogu poslužiti kao dodatni kriterij pri vrednovanju energetske scenarija, koji pri određivanju ukupnih troškova nametnutih društvu uzima u obzir utjecaj na okoliš. U lancu fosilnih goriva, koji osim pogona elektrane uključuje vađenje, prijevoz i preradu goriva, odlaganje otpada i proizvodnju materijala za gradnju elektrane, najveće štete uzrokuje pogon elektrane. Prioritetni utjecaji u lancima fosilnih goriva su učinci onečišćenja zraka na ljudsko zdravlje i okoliš, koji su dosad najviše istraženi, te posljedice globalnog zagrijavanja.

Opis metode

Učinci na zdravlje i okoliš računaju se metodom slijeda utjecaja: iz poznatih emisija onečišćujućih tvari izračuna se njihova disperzija u atmosferi (bilo na lokalnoj bilo na regionalnoj skali), te porast ambijentalnih koncentracija na promatranom području. Zatim se pomoću funkcija izloženost-činak izračunaju posljedice tog porasta na zdravlje stanovništva. Procjenjene zdravstvene posljedice novčano se vrednuju tj. određuju se eksterni troškovi učinaka na zdravlje. Razmjeri štete i pripadajući eksterni troškovi bitno ovise o demografskim, meteorološkim i zemljopisnim uvjetima na lokaciji elektrane.

U ovom radu je za procjenu ekstermnih troškova upotrebljen računalni paket EcoSense [1], razvijen u okviru studije "ExternE" pod pokroviteljstvom Europske Komisije [2]. Njegov središnji modul računa atmosferski transport i disperziju polutanata emitiranih iz točkastog izvora. Na lokalnoj skali, tj. do 50 km od izvora, disperzija se računa modelom Gaussovog tipa, dok se dalekosežni transport polutanata i taloženja kiselih oborina na nivou Europe koristi model trajektorija. Rezultati programa EcoSense su prostorna raspodjela emisija promatranog polutanta ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) na lokalnom i regionalnom nivou uslijed rada elektrane, prostorna raspodjela promatranog učinka na zdravlje ili okoliš koja ovisi o odabiru funkcije izloženost-činak između polutanta i receptora, te pripadajući eksterni trošak izračunat na temelju skraćenja životnog vijeka, izražen po kWh.



Slika 1. Metoda slijeda utjecaja

Posljedice onečišćenja zraka na ljudsko zdravlje manifestiraju se kroz povećanu smrtnost, povećani broj hospitalizacija zbog problema s disanjem i krvožilnim sustavom te smanjenu radnu sposobnost. Najvažnije funkcije izloženost-činak za krute čestice promjera manjeg od 10 mikrona (PM_{10}), te za SO_2 i NO_x dane su u tablici 1.

Tablica 1 Linearne funkcije odnosa izloženosti polutantima i zdravstvenih posljedica [3]

Zdravstvena posljedica	Onečišćujuća tvar	f_{er} koeficijent	Novčana vrijednost (ECU)
Akutni uzrok smrti	PM_{10} i nitrati	0,004%	155.000
	sulfati	0,068%	
	SO_2	0,072%	
	NO_x	0,034%	
Kronični uzrok smrti	PM_{10} i nitrati	0,39%	83.000
	sulfati	0,64%	
Hospitalizacija zbog bolesti respiratornog i krvožilnog sustava	PM_{10} i nitrati	$7,11 \times 10^{-6}$	7.870
	sulfati	$11,88 \times 10^{-6}$	
Hitne liječničke intervencije zbog napadaja astme i KOBP	PM_{10} i nitrati	$13,7 \times 10^{-6}$	223
	sulfati	$22,8 \times 10^{-6}$	
Smanjena radna sposobnost (za odraslu populaciju)	PM_{10} i nitrati	0,025	75
	sulfati	0,042	

f_{er} - funkcija izloženost-činak (exposure-response function); KOBP - kronična opstruktivna bolest pluća. Jedinica u kojoj se izražava koeficijent funkcije izloženost-činak je broj oboljenja godišnje uz jedinično povećanje koncentracije polutanta izraženo u $\mu g/m^3$, a za smrtne slučajeve postotna promjena godišnjeg mortaliteta po $\mu g/m^3$.

Novčane vrijednosti šteta određene su anketiranjem stanovništva o tome koliko su spremni platiti da izbjegnu štetu po zdravlje, odnosno koliko su naknadu voljni prihvatiti za preuzimanje dodatnog rizika, Pridruživanjem novčanih vrijednosti učinci na zdravlje svode se na zajedničko mjerilo, jer su inače neusporedivi.

Primjena metode slijeda utjecaja na hrvatski elektroenergetski sustav

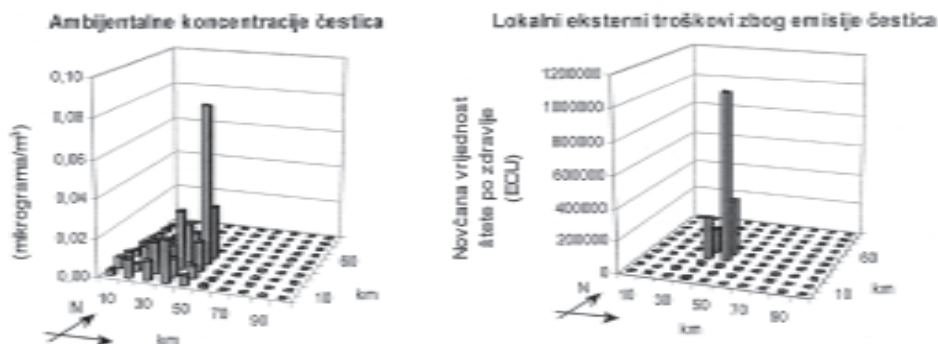
Cilj ove analize je procijeniti troškove zdravstvenih posljedica uslijed emisije u zrak uzrokovane proizvodnjom električne energije u Hrvatskoj. Za analizu su odabrana dva tipa elektrana na fosilna goriva, jedna ložena ugljenom a druga prirodnim plinom, koje se nalaze među kandidatima za gradnju do 2030. godine. Pretpostavlja se da su njihove emisije na gornjoj dozvoljenoj granici tj. u skladu s važećim emisijskim standardima u Hrvatskoj i Europskoj Uniji. Za elektranu na ugljen to znači da emisija čestica iznosi 50 mg/m^3 (0.17 g/kWh), SO_2 400 mg/m^3 ($1,34 \text{ g/kWh}$), a NO_x 650 mg/m^3 (2.18 g/kWh). Emisija čestica i SO_2 iz elektrane na plin jednake su nuli, a emisija NO_x iznosi 100 mg/m^3 (0.6 g/kWh). Emisija CO_2 iz elektrane na ugljen iznosi 823 g/kWh , a iz elektrane na plin 259 g/kWh . Pretpostavlja se da su elektrane smještene u gusto naseljenom urbanom području, tj. u užoj zoni grada Zagreba, na lokaciji s koordinatama 16° istočne zem. dužine i 45.8° sjeverne zem. širine. Model lokalne disperzije daje raspodjelu porasta

koncentracije SO_2 , NO_x i čestica unutar 50 km od elektrane. To područje prikazuje se kvadratnom mrežom stranice 10 km. Kao rezultat se dobiva koncentracija polutanata u svakom kvadrantu (radi se o prosječnom godišnjem porastu izraženom u $\mu\text{g}/\text{m}^3$) i ukupan broj zdravstvenih posljedica po proizvedenom TWh. Za proračun atmosferske disperzije trebalo je unijeti meteorološke podatke na promatranoj lokaciji, od kojih su bili poznati minimalne i maksimalne mjesečne temperature te prosječna ruža vjetrova (učestalost pojedinih smjerova odnosno brzina vjetra) u razdoblju 1981-1995 (izvor: Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb) Ostali potrebni parametri, kao npr. klasa stabilnosti atmosfere, vertikalni gradijent temperature atmosfere, eksponent profila vjetra i visina sloja mješanja konstruirani su na temelju preporuka iz literature ([1], [4], [5]).

Na području Zagreba pretežno pušu sjeverni (19%) i sjeveroistočni vjetrovi (11%), a najveće prizemne brzine vjetra ne prelaze 3 m/s. Udio tišina je čak 13%. Gustoća naseljenosti u užem gradskom području tj. u 4 središnja kvadranta mreže, iznosi 3000 stan/ km^2 , a u ostalim kvadrantima 100 stan/ km^2 . Lokalnom analizom obuhvaćeno je oko 2 milijuna stanovnika.

Procjena eksternih troškova uslijed pogona elektrana

Proračun prikazuje da najveće koncentracije polutanata nastupaju u kvadrantu u kojem je smještena elektrana te u kvadrantima niz vjetar, tj. jugozapadno od elektrane (slika 2, lijevo). Najveće koncentracije čestica, SO_2 i NO_x iznose redom, $0,083 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ i $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Matrica troškova štete po zdravlje uslijed emisije čestica, dobivena množenjem matrice emisija s koeficijentom izloženost-činak i matrica gustoće stanovništva, prikazana je desno na slici 2. Troškovi štete u središnjim kvadrantima su za oko dva reda veličine veći nego u okolnim kvadrantima zbog 30 puta veće gustoće naseljenosti i većih koncentracija polutanata u blizini izvora. Najveći dio troškova nastaje vrednovanjem smrtnih slučajeva.



Slika 2. Koncentracija čestica i novčane vrijednosti štete po zdravlje

Troškovi štete po zdravlje na lokalnoj i regionalnoj skali uslijed emisije čestica, SO₂ i NO_x skupljeni su u tablici 2. Tu nisu uračunati učinci prizemnog ozona (uslijed NO_x) i globalnog zagrijavanja (uslijed CO₂) jer su praćeni velikim nesigurnostima. Lokalni eksterni troškovi za elektranu na ugljen iznose oko 1.1 mECU/kWh ili oko 1.38 mUSD/kWh. Kad bi gustoća naseljenosti bila 85 stan/km² koliko je hrvatski prosjek, troškovi bi bili samo 0.08 mECU/kWh. Učinci elektrane na plin potječu samo od emisija NO_x i iznose oko 0.02 mECU/kWh. Troškovi se mogu izraziti i po toni emitiranog polutanta. Oni iznose oko 5000 ECU po toni emitirane čestične tvari, oko 110 ECU po toni SO₂ te oko 50 ECU po toni NO_x.

Tablica 2. Eksterni troškovi uslijed djelovanja polutanata na zdravlje

	Elektrana na ugljen		Elektrana na plin	
	mECU/kWh	ECU/t	mECU/kWh	ECU/t
Lokalna skala				
Krute čestice	0,84	5.003	0	0
SO ₂	0,15	110	0	0
NO _x	0,12	53	0,02	33
Regionalna skala	mECU/kWh	ECU/t	mECU/kWh	ECU/t
Sulfati	10,16	7.568 ^(a)	0	0
Nitrati	17,98	8.240 ^(a)	5,38	8.962 ^(a)
Krute čestice	1,69	10.082	0	0
SO ₂	0,32	235	0	0
NO _x	0,16	75	0,05	76

* ne uključuju zdravstvene posljedice prizemnog ozona ni globalnog zagrijavanja,

^(a) eksterni trošak sulfata izražen je po toni SO₂, a nitrata po toni NO_x.

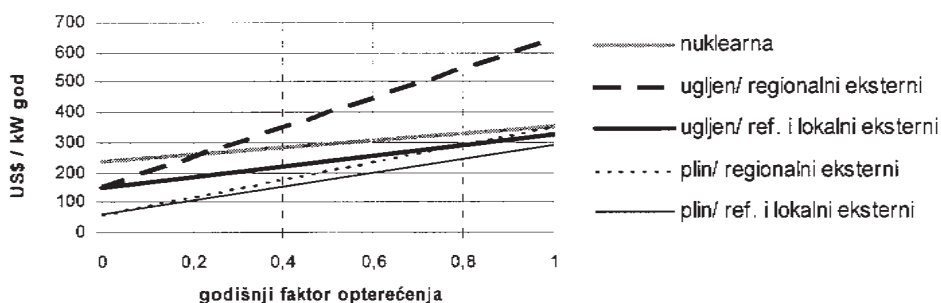
Najveće koncentracije polutanata na regionalnoj skali, koja obuhvaća područje Europe, pojavljuju se sjeverno i sjeveroistočno od Hrvatske (Austrija, Mađarska, Slovačka). Najveća koncentracija čestica iznosi 0.007 μg/m³, sulfata 0.008 μg/m³, a nitrata 0.028 μg/m³. Eksterni troškovi koji nastaju na području Europe uslijed rada dviju promatranih elektrana lociranih u Zagrebu dani su u tablici 2. Budući da je u ovom slučaju obuhvaćen mnogo veći broj ljudi, oko 500 milijuna, ekstremni troškovi su veći. Za elektranu na ugljen iznose oko 30.3 mECU/kWh, a za elektranu na plin 5.4 ECU/kWh. Za usporedbu, eksterni troškovi pogona nuklearne elektrane na lokalnoj skali iznose oko 0.003 m ECU/kWh, a na regionalnoj skali oko 0.04 mECU/kWh.

Uključivanje troškova štete u planiranje elektroenergetskog sustava

Troškovi štete po okoliš/zdravlje dobar je pokazatelj veličine eksternih troškova, iako ne moraju biti u cijelosti nekompenzirani. Uključenjem (internalizacijom) eksternih troškova može se promijeniti relativna povoljnost neke energetske opcije. Da se ilustrira kako bi eksterni troškovi mogli utjecati na optimalni razvojni plan elektroenergetskog sustava, troškovi štete po zdravlje promatranih dviju elektrana kandidata pribrojeni su stvarnim troškovima proizvodnje te je provedena

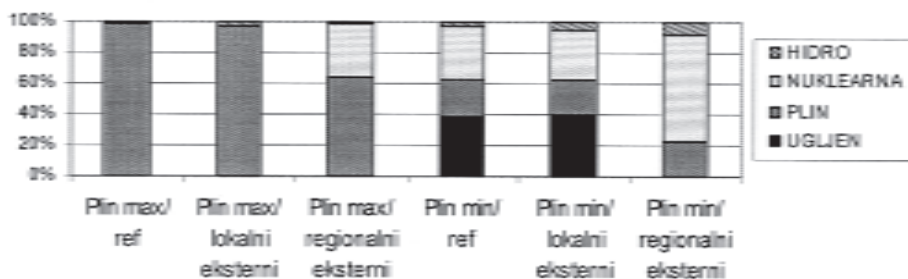
optimizacija. Naravno, to je samo za ilustraciju jer proračunati eksterni troškovi ne obuhvaćaju eke eksterne troškove proizvodnje električne energije, već samo one vezane uz učinke na zdravlje.

Traži se optimalni razvojni plan elektroenergetskog sustava do 2030. godine, koji će dati odgovor na pitanje koji tip elektrane i kada izgraditi da se predviđena potražnja električne energije podmiri uz najniže troškove. Elektrane kandidati za gradnju su elektrane na plin i ugljen čiji su eksterni troškovi ovdje izračunati, nuklearne elektrane te nekoliko hidroelektrana. Promatrana su dva rubna razvojna scenarija: bez ograničenja i s najstrožim ograničenjem raspoložive količine prirodnog plina. Ako je količina plina neograničena, optimalni plan sadržavat će samo plinske elektrane jer one imaju najniže troškove. Ako se uvede najstrože ograničenje plina, ostatak potreba za snagom moraju podmiriti elektrane na ugljen i nuklearne elektrane.



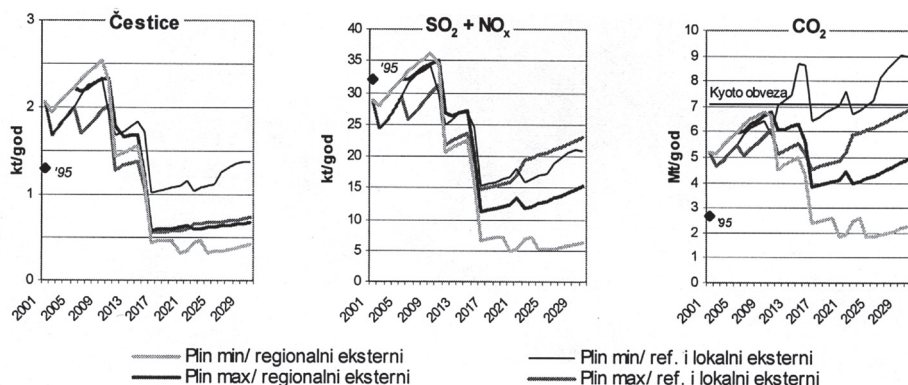
Slika 3. Anuitet troškova proizvodnje sa i bez eksternih troškova

Što se dogodi ako se klasičnim proizvodnim troškovima (nazovimo ih referentnim) pribroje eksterni troškovi? Budući da su eksterni troškovi proporcionalni emisijama, tj. proizvedenoj električnoj energiji, dodaju se varijabilnoj komponenti troškova (slika 3). Pokazuje se da su lokalni eksterni troškovi elektrana na plin i ugljen, dani u tablici 2, zanemarivi u odnosu na njihove referentne troškove. Slično vrijedi i za nuklearne elektrane. Zbog toga se optimalni sustav kapaciteta praktički ne mijenja ako se referentnim troškovima pribroje lokalni eksterni troškovi, što se vidi usporedbom 1. i 2. i 5. stupca na slici 4.



Slika 4. Optimalni sustav novih kapaciteta po energentima

Međutim, situacija se mijenja uključenjem regionalnih eksternih troškova. Troškovi elektrana na ugljen u tom slučaju znatno rastu što bitno utječe na optimalni sastav novih kapaciteta. Tada je narušena čak i bezuvjetna prednost plinskih elektrana: u scenarij s neograničenom raspoloživošću prirodnog plina u optimalni sastav ulaze dvije nuklearne elektrane, dok u scenarij s ograničenjem plina čak 4 nuklearne elektrane.



Slika 5. Emisija polutanata u analiziranim scenarijima

U posljednjem koraku izračunate su emisije polutanata u opcijama bez eksternih troškova odnosno s dodanim lokalnim i regionalnim troškovima, i to za oba scenarija raspoloživosti plina (slika 5). Budući da je sastav kapaciteta u opcijama s dodanim lokalnim eksternim troškovima jednak onom u opcijama bez eksternih troškova, emisije u tim dvjema opcijama se ne razlikuju pa su prikazane istom krivuljom. Emisije u opcijama s uključenim regionalnim eksternim troškovima mnogo su manje. Eksterni troškovi imaju puno veći utjecaj na optimalno rješenje i na emisije polutanata ako je ograničenje plina strože, jer se tada može birati samo između nuklearnih i elektrana na ugljen.

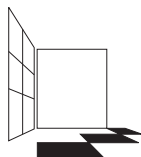
Zaključak

U ovom radu preliminarno su procijenjeni eksterni troškovi zdravstvenih posljedica uzrokovanih emisijama polutanata pri proizvodnji električne energije. Za proračun je upotrebljena metoda slijeda utjecaja na lokalnoj skali (unutar 50 km od elektrane) te na regionalnoj skali (za cijelu Europu). Analizom dviju reprezentativnih elektrana na ugljen i plin pokazuje se da su štete mnogo veće za elektrane na ugljen, te da najveće štete izaziva čestična tvar, bilo izravno emitirana bilo u formi sulfata i nitrata. Budući da štete po zdravlje izravno ovise o broju izloženog stanovništva, lokalni eksterni troškovi bitno su manji od regionalnih. Ako

se pribroje tradicionalnim troškovima proizvodnje, lokalni eksterni troškovi ne utječu na optimalni izbor novih elektrana, za razliku od regionalnih koji smanjuju povoljnost ugljena odnosno na nuklearnu energiju.

Literatura

- [1] EcoSense v. 2.0 User Guide, IER, Stuttgart, 1997.
- [2] ExternE – Externalities of Energy, EC DG XII, Brussels, 1995.
- [3] ExternE – Externalities of Energy, EC DG XII, Brussels, 1998.
- [4] M. Beychok: Fundamentals of Stack Gas Dispersion, Irvine CA, 1994.
- [5] Rasprave: Meterološka istraživanja u ekologiji, Hidrometerološki Zavod RH, Zagreb, 1981.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Jelavić, V.¹, Sučić, H.¹, Milanović, Z.², Tomić, S.³, Čiček, J., Molak, B., Škanata, D.

Prosudba rizika postrojenja za termičku obradu otpada PUTO i odlagališta otpada Jakuševac - temeljnice pristupa i prethodni rezultati

Sažetak: Prosudba rizika postrojenja za termičku obradu otpada i odlagališta otpada predstavlja standardnu praksu u razvijenim zemljama. Premda u Hrvatskoj ne postoje izričite zakonske obveze za provedbu prosudbe rizika poduzeće ZGO koje je za potrebe grada Zagreba provodilo sanaciju odlagališta Jakuševac pokrenulo je ovaj projekt, imajući u vidu značaj dodatnih objektivnih informacija o mogućim utjecajima te koristima s gledišta poboljšanja mjera zaštite okoliša.

U ovom radu iskazuju se ciljevi projekta, opseg razrade, organizacija i temeljnice pristupa prosudbe rizika promatranjem pojedinih sastavnica procesa prosudbe kao što su raščlamba scenarija, prosudba posljedica, karakterizacija rizika i procjena neodređenosti. Vezano za utjecaje na zdravlje putem zraka daju se prethodni rezultati proračuna rizika zbog emisije kadmija te dioksina i furana iz postrojenja PUTO.

Predviđeno da se projekt dovrši u dvije faze, izradom prethodne i konačne studije prosudbe rizika. Izradu studija prate istraživanja i mjerenja na lokaciji koja bi trebala osigurati podatke za izradu konačne studije rizika.

Ključne riječi: prosudba rizika, termička obrada otpada, odlaganje otpada

Project of Risk Assessment of PUTO Waste Incineration Plant and Jakuševac Waste Dump – Methodology Bases

Summary: Risk assessment of waste incineration plants and waste landfills is a standard practise in developed countries. Although there are no regulatory requirements on risk assessment in Croatia, ZGO company (authorised by the Zagreb City Council for remediation of the Jakuševac waste dump) initiated this Project having in mind the importance of objective information on possible environmental and health impacts, as well as benefits resulting from improvement of abatement measures.

1 V. Jelavić, H. Sučić, EKONERG

2 Z. Milanović, ZGO,

3 S. Tomić, TOMCONS

4 J. Čiček, B. Molak, D. Škanata

The paper describes the objective of the Project, scope of analysis, organisational structure and methodological basis of risk assessment process considering particular elements of that process such as: data collection, hazard identification, exposure assessment, risk characterisation and uncertainty analysis. Preliminary results have been presented for risk coming from emission of dioxins and cadmium of the PUTO plant.

It is foreseen the project will be completed in two phases - Preliminary Assessment Study and Final Assessment Study. Parallel to the Study work, field investigation and measurements for the Final Assessment Study are underway.

Key words: risk assessment, waste incineration plant, waste landfill

1. Uvod

Svaka ljudska aktivnost ima za posljedicu određeni rizik pa tako i gospodarenje otpadom. Rizik nije moguće svesti na nulu, ali se može dovesti na razinu društveno prihvatljivog. Postupak procjene rizika omogućava sagledavanje uzroka rizika i njegove veličine, a u cilju uspostavljanja informacija koje će omogućiti izbor optimalnih mjera zaštite i nadzora, odnosno sustava za upravljanje rizikom.

Studijom rizika smetlišta Jakuševac i postrojenja PUTO čiji se rezultati prikazuju u ovom radu (L1), utvrđuje se veličina i vjerojatnost utjecaja na zdravlje stanovništva u okolici zbog ispuštanja štetnih tvari u vode, zrak i tlo te zbog mogućeg direktnog kontakta stanovništva s opasnim tvarima, pri normalnom uvjetima i mogućim nezgodama. Zbog potrebnog velikog obima podataka i složenosti postupka prosudbe rizika projekt je raspodijeljen u dva koraka: prethodnu studiju i konačnu studiju rizika. Usvojena metodologija prosudbe rizika u skladu je sa svjetskom praksom, a počiva na tri temeljna izvora informacija koji se nadopunjavaju: matematičkom modeliranju onečišćenja, mjerenjima u okolišu i istraživanju zdravstvenog stanja stanovništva.

U Hrvatskoj ne postoji izričita zakonodavna obveza provedbe proračuna rizika. Zakon o zaštiti okoliša (N.n. 82/94) definira *rizik po okoliš* kao vjerojatnost da će neki zahvat posredno ili neposredno prouzročiti štete okoliša ili ugroziti život i zdravlje ljudi. Premda se u Pravilniku o izradi studije utjecaja na okoliš (N.n. 34/97) ukazuje na potrebu vrednovanja rizika od ekoloških nezgoda, praksa je da se u studijama utjecaja na okoliš analize ograničavaju samo na određivanje izlaganja štetnim tvarima i usporedbu sa standardima okoliša. Do sada u Hrvatskoj nije izrađena cjelovita studija prosudbe rizika, premda je bilo pojedinačnih proračuna, ograničenih na određene štetne tvari i puteve izlaganja. Početni studijski radovi vezani su za vjerojatnosne sigurnosne analize nuklearnih postrojenja (L2 i L3). Objavljeno je međutim više općih prikaza, posljednji recimo od Molaka i Rožića (L4 i L5). Promidžbom metoda procjene rizika bavi se Društvo za prosudbu rizika Hrvatske koje je osnovano 1992. godine.

2. Postupak prosudbe rizika

Postupak prosudbe rizika može se raspodijeliti u korake pokazane na slici 1. Postupak je u suštini istovjetan za postrojenje PUTO i odlagalište Jakuševac. Jedna

od razlika je što u postrojenju PUTO osim kontinuiranih ispuštanja značajnu ulogu mogu imati nekontrolirana ispuštanja zbog nezgoda i tome pripadni scenariji i njihove vjerojatnosti.

U nastavku opisuju se ukratko pojedini koraci prosudbe rizika pri čemu se zadržava samo na metodološkoj osnovi bez iskazivanja i ocjene utjecaja.

Podaci o lokaciji

Prikupljanje raspoloživih podataka o lokaciji, pregled i njihovo vrednovanje podrazumijeva podatke o prostornom smještaju i terenu, opisu pogona, historijatu lokacije, meteorološke podatke, geološke podatke, hidrološke podatke, seizmološke podatke, podatke o ekološkim obilježjima okoline, infrastrukturi, načinu korištenja prostora u okolici (raspored stanovništva, osjetljivi prijamnici, karte korištenja zemljišta), kakvoći pojedinih sastavnih dijelova okoliša (zrak, voda, tlo, biota), načinu prehrane, navikama i kretanju stanovništva.

Nužno je osiguranje kvalitetnih podataka što podrazumijeva i provjeravanje izvora podataka (laboratoriji i projektni uredi), dokumentacije (planovi uzorkovanja i analize) te korištenih metoda, mjernih postupaka i uređaja.

Identifikacija opasnih tvari

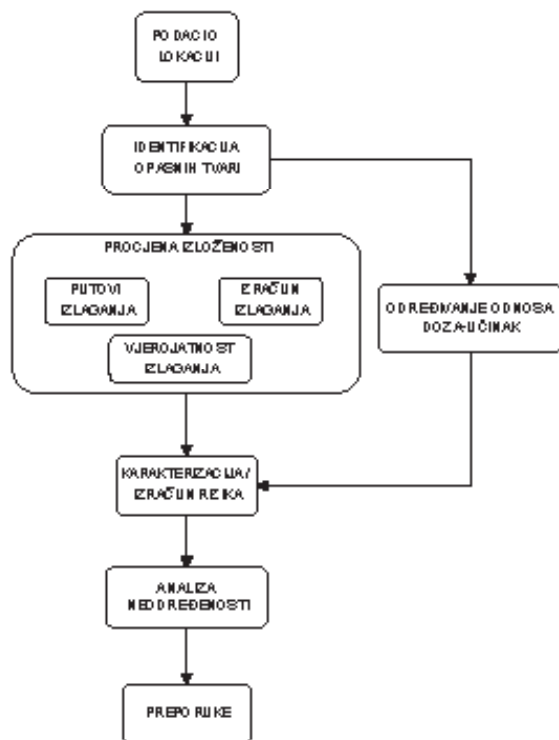
Na odlagalištu i u ispuštima postrojenja PUTO nalaze se mnogobrojne kemijske tvari. Nepraktično je i nepotrebno promatrati veliki broj štetnih tvari. U analizama odlagališta obično se broj štetnih tvari s potencijalno stotinjak svodi na deset do dvadeset reprezentativnih tvari. Kod postrojenja za termičku obradu otpada izbor se također sužuje na deset do dvadeset tvari, a analize pokazuju da dvije ili tri tvari često čine glavninu rizika (L6).

Prosudba izloženosti

Jedan od najvažnijih dijelova prosudbe rizika je prosudba izloženosti opasnim tvarima. Prosudba izloženosti zahtjeva prepoznavanje potencijalnih putova izloženosti, osobine izložene populacije, određivanje učestalosti, trajanja i prostiranja izloženosti. Prosudba izloženosti zahtjeva niz podataka od izvora onečišćenja, preko putova oslobađanja i prenosa zagađenja do načina izlaganja i primarnih i sekundarnih primatelja zagađenja (zaposleni na deponiji, stanovnici u okolini - kritične grupe itd). U procjenu izloženosti osim trenutnog stanja odlagališta treba biti uključeno i buduće stanje kada će prestati njegovo korištenje ili kada će se primijeniti neke od metoda poboljšanja stanja.

Da bi bilo moguće sistematski utvrditi potencijalne puteve izlaganja i izvršiti njihovu selekciju postavlja se konceptijski model mogućih kombinacija različitih dijelova koji čine scenarij izlaganja. Na slici 2. prikazani su dijelovi scenarija i čimbenici o kojima treba brinuti kod uspostavljanja scenarija čiji se elementi sastavljaju u ogroman broj mogućih kombinacija.

Na temelju scenarija izloženosti i procijenjenih koncentracija u zraku, računaju se dnevne unešene količine svake tvari indikatora za svaki put izloženosti. Kada se

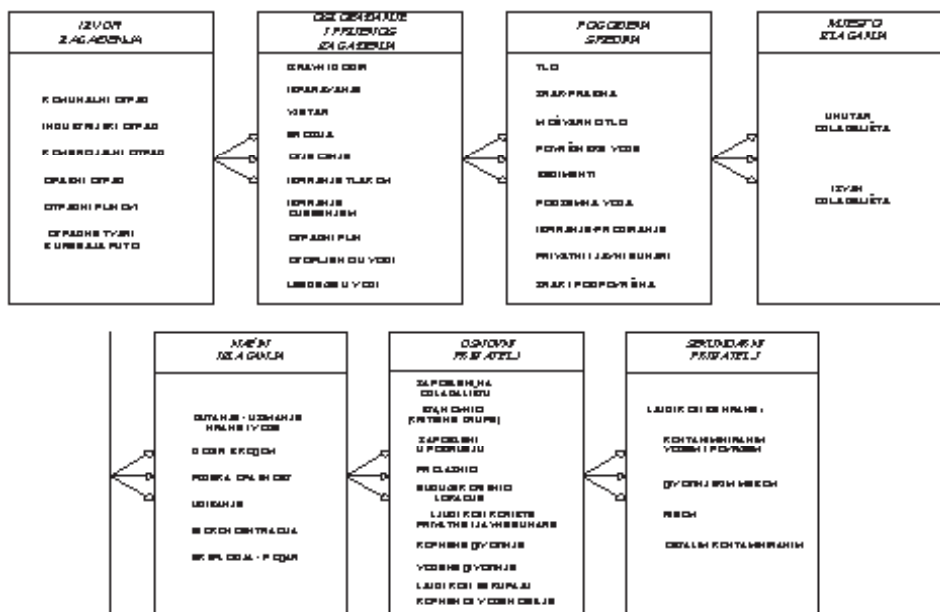


Slika 1. Osnovni koraci u prosudbi rizika

modelira više od jednog puta izloženosti, unešene količine specifične za pojedini put izloženosti zbrajaju se kako bi se procijenila ukupna količina unešene tvari indikatora. Za prosudbu dokroničnih i kroničnih učinaka kancerogenih tvari, procijenjena dnevna unešena količina štetne tvari u periodu izlaganja množi se brojem dana izlaganja i dijeli brojem dana tijekom života kako bi se odredila životna prosječna dnevna doza (Lifetime Average Daily Dose - LADD). Za nekancerogene tvari i za nekancerogene učinke kancerogenih tvari, dokronični i kronični učinci procjenjuju se primjenom prosječnih dnevnih doza (Average Daily Doses - ADD) tijekom perioda izloženosti.

Vjerojatnost izlaganja

Za scenarije koji su posljedica nezgode ili kvara na uređajima za zaštitu potrebno je odrediti vjerojatnost njihove pojave. Postupak kojim se kvantificira vjerojatnost otkazivanja složenih inženjerskih sustava, naziva se vjerojatnosnom analizom sigurnosti (Probabilistic Safety Assessment - PSA). Ovaj postupak razvijen je prvotno za analize nezgoda nuklearnih postrojenja gdje se promatraju događaji vrlo male vjerojatnosti s velikim nepoželjnim posljedicama. Vjerojatnost događaja



koji rezultira nekim neželjenim ispuštanjem po okoliš određuje se postavljanjem tzv. stabla događaja i stabla kvarova.

Odnos doza-učinak

Za procjenu rizika potrebni su broječni podaci o akutnoj i kroničnoj štetnosti na zdravlje. Ovi podaci preuzimaju se iz različitih baza podataka o štetnim učincima kao što su recimo IRIS (Integrated Risk Information System), NIOSH (National Institute of Occupational Safety and Health), podaci Svjetske zdravstvene organizacije (WHO), itd.

Odnos doza-štetni učinak rezultat su epidemioloških studija, laboratorijskih ispitivanja na životinjama i rezultat proučavanja ponašanja tvari unutar tijela te njihovog kemijskog sastava.

Za određivanje se koriste razne metode, ovisno o tome jesu li tvari kancerogene ili ne. Kako se smatra da nekancerogeni učinci imaju prag ispod kojeg neće doći do pojave učinka, isprva se pokušava identificirati doza praga određivanjem razine za koju nema vidljivog učinka (No-Observed-Effect Level - NOEL) iz promatranja izloženih ljudi ili eksperimentalnih životinja.

Karakterizacija / izračun rizika

U ovom koraku procesa prosudbe rizika računaju se numeričke vrijednosti za svaku odabranu tvar i put izloženosti, a na temelju veličine prihvatljivog dnevnog unosa (Acceptable Daily Intake - ADI), jediničnog rizika raka (Unit Cancer

Risk –UCR) i unešenih količina (Average Daily Doses - ADD), za svaki scenario izloženosti.

Ocjena prihvatljivosti izračunatih rizika ovisna je o slučaju i nije jednoznačna. Obično, za nekancerogene tvari ako je omjer ADD/ADI manji od jedan, rizik se smatra prihvatljivim, a ako je veći ne znači eksplicitno da je neprihvatljiv. Zbog niza konzervativnosti u modelu procjene može se u određenim slučajevima prihvatiti i omjer veći od jedan, ali takav rezultat obično zahtjeva dodatne akcije ili poduzimanje mjera. Za rizik od raka nema opće usvojenih granica prihvatljivosti. Iz niza pojedinačnih slučajeva i prakse u svijetu proizlazi da je razina prihvatljivosti vrlo široka, od 1×10^{-4} do 1×10^{-7} , obično oko 1×10^{-6} .

Neodređenosti proračuna

Temeljno je pitanje u kojoj mjeri možemo biti sigurni za dobivene rezultate. Izvori neodređenosti u procjeni rizika su mnogobrojni, a neodređenost raste u lancu postupka proračuna. Nepouzdanost može biti posljedica stohastičkog karaktera veličina, objektivnog upoznavanja problema ili subjektivnog karaktera. Pojednostavljeni konceptualni modeli, varijabilnost uzrokovanja, heterogenost populacije, neki su od glavnih izvora nepouzdanosti.

Najveća nepouzdanost vezana je za određivanje odnosa doza-činak i pretpostavke kao što su: linearna ovisnost, postojanje praga štetnog djelovanja, karcinogeno djelovanje i kod malih doza te ekstrapolacija rezultata istraživanja sa životinja na ljude. Rezultati epidemioloških studija uvijek su podložni nizu prigovora, a učinci zajedničkog djelovanja više tvari nisu istraženi.

3. Rezultati prosudbe rizika

U studiji (L1) odvojeno je razmatran rizik neuređenog smetlišta “Jakuševac” od rizika postrojenje “PUTO”.

Smetlište “Jakuševac”. Analizom postojećih podataka o sastavu otpada, tvarima u podzemnoj vodi na odlagalištu i okolici te tvarima u tlu, utvrđeno je prisustvo niza organskih, anorganskih i infektivnih štetnih tvari toksičnog i kancerogenog djelovanja koje predstavljaju potencijalnu opasnost po zdravlje stanovništva u okolici. Mnogobrojni su putevi izlaganja: zrakom, površinskom vodom, podzemnom vodom, konzumacijom onečišćene hrane i direktnim kontaktom sa štetnim tvarima. Od identificiranih scenarija, prethodni proračun (za sada samo za mangan) pokazuje da relativno najveći rizik potječe od kontaminirane vode iz bunara, s tendencijom porasta u budućnosti (ako se ne spriječi ispuštanje).

Postrojenje “PUTO”. Za postrojenje “PUTO” analizirano je niz mogućih scenarija koji su posljedica rutinskih ispuštanja (kronični učinci) i onih koji su posljedica kratkotrajnih izlaganja (akutni učinci). Scenariji kratkotrajnih izlaganja posljedica su: povećanih kratkotrajnih regularnih emisija, neregularnih pogonskih stanja, incidenata na postrojenju i većih nezgoda. **Provedeni prethodni proračun rizika za postrojenje “PUTO”, za sada samo za rutinska ispuštanja dioksina, furana i**

kadmija, pokazuje da su rizici unutar vrijednosti koje se smatraju prihvatljivim za takvo postrojenje. Interesantno je ukazati da je izračunati kancerogeni rizik zbog kadmija iz "PUTO", uz svu konzervativnost polaznih pretpostavki u proračunu, deset puta manji od postojećeg rizika koji proizlazi iz pozadinskih koncentracija kadmija u zraku.

Podaci o zdravstvenom stanju stanovništva sakupljeni su anketiranjem uzorka od 339 ispitanika (10 posto stanovništva) u zoni utjecaja (Jakuševac, Mičevac i Hrelići) i kontrolnoj zoni (dio Dugava, Utrina i Travnog). Rezultati pokazuju da je statistika obolijevanja i struktura bolesti u obje zone podjednaka. Za ispitanike koji su verificirani u zdravstvenim ustanovama provjerena je i povezanost bolesti ili zdravstvenog stanja s utjecajem smetlišta "Jakuševac". Analiza je pokazala da je u zoni utjecaja za 7 posto ispitanika utvrđena čvrsta veza, za 19 posto postoji može bitna veza, a za 74 posto ispitanika utvrđeno je da ne postoji nikakva veza. Podjednaki rezultati istraživanja može bitne veze dobiveni su i za kontrolnu zonu. Rezultati ankete pokazali su visoku podudarnost izjava ispitanika s podacima iz medicinske dokumentacije što govori o dobroj percepciji svog obolijevanja.

4. Zaključak

Rezultati prethodne studije rizika pokazali su da mjere sanacije koje su tijeku i koje se predviđaju konačnim rješenjem, smanjuju ili u potpunosti eliminiraju rizik pojedinih puteva izlaganja sa smetlišta "Jakuševca". Prethodni proračuni pokazuju da je rizik zbog ispuštanja štetnih tvari u zrak iz postrojenja PUTO u granicama koje se smatraju potpuno prihvatljivim, dok se na drugoj strani rješava pitanje vrlo opasnih tvari odloženih nekontrolirano na "Jakuševcu" ali i onih koje se trenutno nalaze u privremenim i često neadekvatnim spremištima kod proizvođača otpada, a dolaze na obradu u PUTO. S tim u vezi proizlazi da cjelokupni zahvat sanacije koji uključuje i zbrinjavanje otpada postrojenjem PUTO doprinosi smanjenju rizika s lokacije.

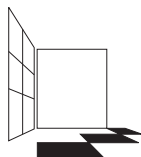
Zaključke treba postaviti u okvir rezultata prethodne procjene koji ne daju mogućnost konačnog odgovora jer je potrebno prikupiti dodatne podatke na terenu i u cijelosti izvršiti kvantifikaciju rizika.

Autorski tim za prosudbu rizika ustvrdio je potrebnim dovršiti prikupljanje relevantnih podataka, izvršiti procjene matematičkim modeliranjem, mjerenjem i epidemiološkim praćenjem stanja, te dati konačnu prosudbu rizika smetlišta/odlagališta "Jakuševac" i postrojenja "PUTO" na zdravlje i okoliš. Ovo tim prije što će konačna studija dati određene zahtjeve na tehnička i tehnološka rješenja u tijeku provođenja sanacije "Jakuševca" kao i potrebne informacije za upravljanja rizikom, gospodarenje otpadom te upravljanjem postrojenjem "PUTO".

Literatura:

- L1) Jelavić V., Sučić H., Janeković G., Jagić S., Vešligaj D., Čiček J., Molak B., Škanata D., Tomić S.: *Prosudba rizika smetlišta "Jakuševac" i uređaja "PUTO" – Prethodna studija*, Ekonerg holding, 1998.

- L2) Feretić D., Mikulučić D., Čavlina N., Debrecin N., Mirković D.: *Razrada Matematičkih modela za analizu komponenata nukleranih elektrana*, Fakultet elektrotehnike, 1985.
- L3) Jelavić V., Tankosić Đ., Škanata D.: *Preliminarna provjera sigurnosti odlagališta radioaktivnog otpada niske i srednje aktivnosti nuklerane elektrane Krško*, Energija 39, 1990.
- L4) Molak B.: *Radioaktivnost i kako se zaštititi*, Sigurnost 40, 1998.
- L5) Ružić I.: *Procjena rizika po zdravlje čovjeka i kvalitetu okoliša*, Hrvatske vode 6, 1998.
- L6) Levin A., Fratt D., Leonard A., Bruins J.F., Fradkin L.: *Comparative Analysis of Health Risk Assessment for Municipal Waste Combustors*, J. Air Waste Manage. assoc., Vol. 41, No 1, 1991.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Zaninović, K.¹

Utjecaj vremena na astme

Sažetak: *Istraživanje utjecaja vremena na astme provedeno je na temelju učestalosti pojavljivanja astmatičnih napadaja kod 84 djece liječene u jednogodišnjem razdoblju u Bolnici za plućne bolesti djece i omladine u Zagrebu. Rezultati pokazuju da se zimi najveći broj astmatičnih napadaja pojavljuje nakon vremenskih tipova s visokim tlakom zraka a uoči situacija s niskim tlakom zraka. Ljeti su najnepovoljnije topla, stražnja strana anticiklone, u kojoj se pojavljuju vrlo visoke temperature, kao i ciklonalni tipovi vremena. U proljeće i jesen astmatični su napadaji najčešći u tipovima vremena s hladnim zrakom, a to su sjeverno ili sjevernoistočno strujanje koje donosi zrak značajno drugačijih karakteristika iz velikih udaljenosti, ili pak stražnja, hladna strana ciklone. Što se tiče utjecaja frontalnih prolaza na astmatične napadaje, zimi i ljeti je učestalost astmatičnih napadaja veća dva dana nakon prolaska hladne fronte, dok u proljeće i jesen najviše astmatičnih napadaja ima u danu s hladnom frontom i dan ranije.*

Ključne riječi: *astmatični napadaji, tipovi vremena, fronte.*

The Influence of Weather on Asthma

Summary: *The article deals with the influence of weather types and fronts on the incidence of asthmatic attacks in children. The investigation has been deduced on the basis of the frequency of asthmatic attacks in children (84 of them) during the period of one year. The children were the patients of Hospital for lung diseases in children in Zagreb, Croatia. This region has continental climate with the slight maritime influence from the Mediterranean. The greater number of asthmatic attacks occurred during the winter after the situations with high pressure and before the appearance of low-pressure weather situations. In summer the most inconvenient weather types were the back side of anticyclone, with high temperatures, and the cyclonic weather types. During spring and autumn the dangerous weather situations seemed to be the types with the cooling connected to the northern or north-eastern flow or the cold weather types on the back side of the cyclone. Concerning weather fronts, it turned out that the incidence of asthmatic attacks in winter and summer were greater during one or two days after the cold front passage, while in spring and autumn the incidence of attacks was the most frequent in a day with the cold front and a day before.*

Key words: *asthmatic attacks, weather types, fronts*

¹ Ksenija Zaninović, Državni hidrometeorološki zavod, Centar za meteorološka istraživanja, Zagreb

1. Uvod

Astma se smatra jednom od izrazito meteorotropnih bolesti. Mnogi su autori proučavali povezanost astmatičnih napadaja i vremena. Tromp (1957, 1963, 1977, 1980) te Tromp i Bouma (1965) ističu da se broj astmatičnih napadaja povećava nakon iznenadnog porasta turbulencije ako je on vezan uz prodor hladne zračne mase, posebno uz prodore polarnih i kontinentalnih zračnih masa. Jedan od uzroka teških astmatičnih napadaja prema istim autorima mogu biti i izraziti topli stresovi. Povezanost astmatičnih napadaja s prolazom hladne fronte ističu Derrick (1969) i Goldstein (1980). Derrick je analizu napravio za južnu hemisferu (Australija) i posebno ističe nepovoljan utjecaj hladnih i suhih zračnih masa antarktičkog podrijetla. Utjecaj meteoroloških čimbenika tumači se neposrednim i posrednim djelovanjem na astmatične bolesnike. Posredno meteorološki faktori mogu djelovati na alergene koji izazivaju astmatične napadaje. Mnogi međutim ističu da alergeni imaju manjeg utjecaja nego što se obično smatra (Tromp, 1980; Derrick, 1969). Neposredni utjecaj hladnoće na astmatičare Derrick (1969) tumači poremećenim termoregulacijskim mehanizmom astmatičara i otežanim sposobnostima adaptacije na nagle promjene temperature ili iritacijom sluznice dišnih puteva kroz koje prolazi hladan zrak. Naime, hladan zrak može imati efekt sušenja, jer prolazom kroz dišne puteve zagrijava se na temperaturu tijela i postaje nezasićen i suh. S druge strane, suhi će zrak, zbog vlage koju isparava sluznica i ovlažuje suhi zrak koji prolazi dišnim putovima, imati efekt hlađenja.

U Hrvatskoj je u suradnji s Lječilištem za djecu astmatičare u Velom Lošinj u prije desetak godina istaživan utjecaj vremena na astmatične napadaje i izrađeno je nekoliko studija koje do sada nisu objavljene. Grupa autora je 1994. godine izdala priručnik za bolesnike "Astma i kronični bronhitis" koji u jednom poglavlju obrađuje i temu utjecaja vremena na astmu.

2. Materijal i metode

Veza između astmatičnih napadaja i tipova vremena te fronti određivana je na temelju podataka o učestalosti i jačini astmatičnih napadaja kod djece (ukupno njih 84) primljene na liječenje u Bolnicu za tuberkulozu pluća i plućne bolesti djece i omladine u Zagrebu tijekom 1984. godine.

Tipovi vremena određivani su na temelju klasifikacije koju je dao Poje (1965) prema kartama njemačke meteorološke službe u 13 sati. Tipovi vremena podijeljeni su u četiri osnovne skupine: tipovi vremena s niskim i visokim tlakom zraka, tipovi s bezgradijentnim poljem tlaka i prelazni vremenski tipovi. Tipovi vremena s visokim tlakom zraka su anticiklone (A) te greben i most visokog tlaka (G). Pri tome je anticiklona podijeljena na prednji, hladni dio (A_p) u koji spadaju centralni, istočni i južni dio anticiklone, te na stražnji, topli dio (A_s) sa zapadnim i sjevernim dijelom anticiklone. Tipovi vremena s niskim tlakom zraka su ciklona (C) i dolna (D). Slično kao i anticiklona, ciklona je podijeljena na prednji, topli (C_p) i stražnji, hladni dio (C_s). Tipovi vremena s bezgradijentnim poljem tlaka mogu

obzirom na zakrivljenost izobara biti ciklalnog (B_c) ili anticiklalnog tipa (B_a). Prijelazni tipovi vremena, za koje su karakteristične gotovo pravocrtno izobare, donose zračne mase iz velikih udaljenosti s potpuno drugačijim karakteristikama od onih koje prevladavaju na području. Podijeljene su u odnosu na smjer iz kojeg dolaze (N, NE, E, SE, S; SW, W i NW). Međutim, ovi su tipovi grupirani obzirom na slične karakteristike: E; N i NE (NE na slikama), SE (SE na slikama); S i SW (S na slikama) te W i NW (W na slikama).

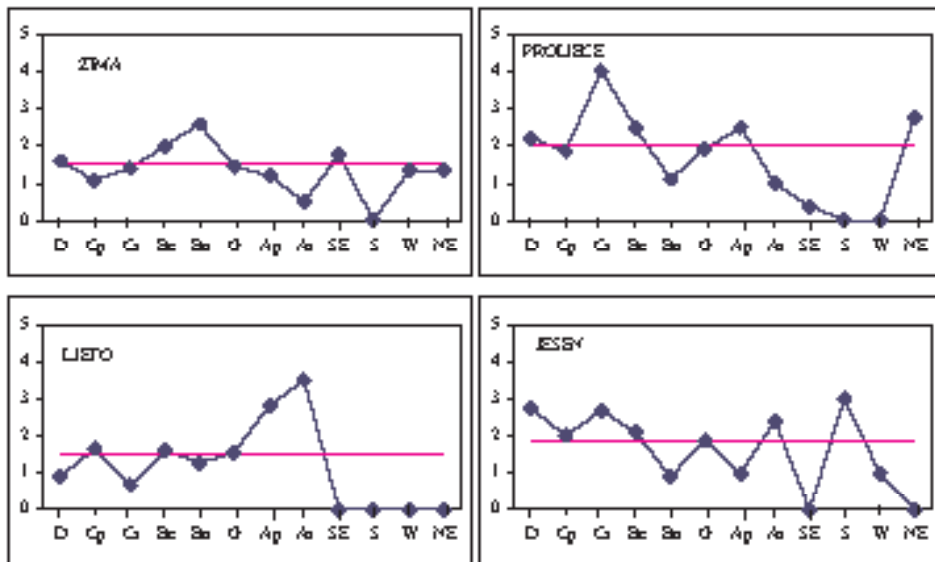
U traženju ovisnosti astmatičnih napadaja o tipovima vremena i frontama uzimana je u obzir učestalost i težina astmatičnih napadaja, tako da je broj lakših astmatičnih napadaja uziman bez korekcija, broj astmatičnih napadaja srednje jačine pomnožen je s faktorom 2 a broj težih astmatičnih napadaja s faktorom 3. To znači da jedan teži astmatični napadaj ima težinu kao tri lakša napadaja. U daljnjem tekstu govorit će se radi jednostavnosti o učestalosti ili broju astmatičnih napadaja (otežani astmatični napadaji), ali treba imati na umu da se zapravo radi o izvedenim veličinama.

Utjecaj tipova vremena na učestalost i intenzitet astmatičnih napadaja proučavana je na dva načina: analizom prosječnog broja astmatičnih napadaja kod pojedinih tipova vremena i analizom uvjetne vjerojatnosti pojavljivanja pojedinih tipova vremena (u odnosu na učestalost svakog tipa) u 7-dnevnom razdoblju oko dana "n" ($n \pm 3$) u kojem je bilo mnogo otežanih astmatičnih napadaja (više od sume srednjaka i standardne devijacije, $> \bar{X} + \hat{\sigma}$). Na taj se način može ustanoviti koji tipovi predstavljaju povećanu opasnost za astmatičare ne samo u danu napadaja, već i nekoliko dana prije i nakon dana u kojem je zabilježen veliki broj astmi, kao i razvoj vremenskih prilika u situacijama s povećanom učestalošću i intenzitetom astmi.

Utjecaj fronti na astmatične napadaje proučavan je na temelju učestalosti otežanih astmatičnih napadaja oko dana "n" ($n \pm 3$) s prolazom hladne fronte. Analize su provedene pojedinačno za svako godišnje doba.

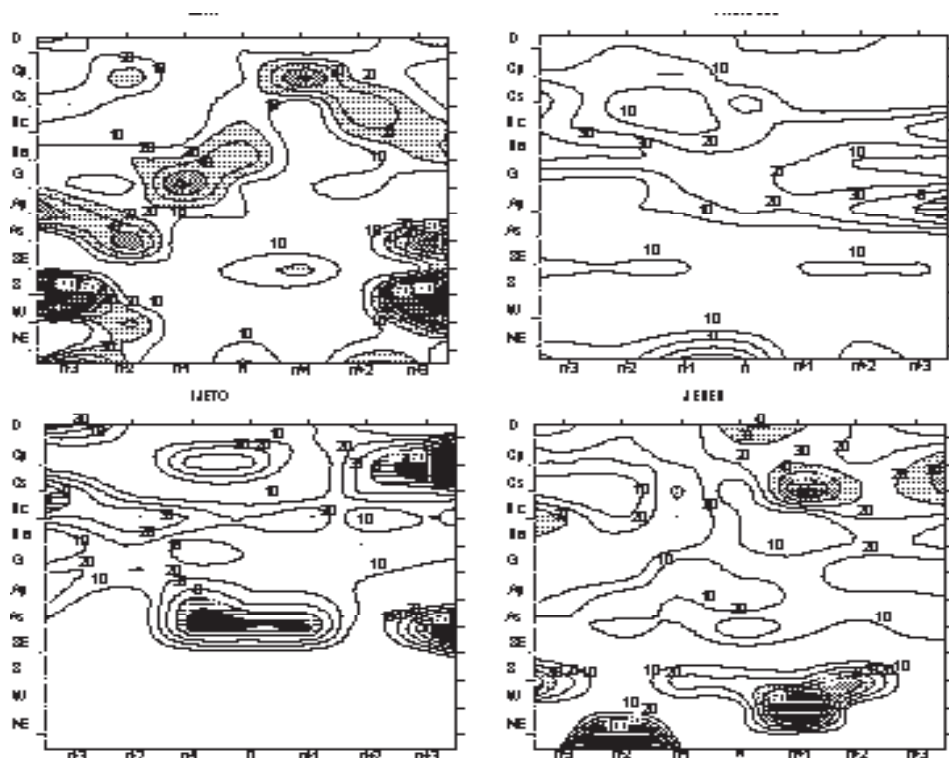
3. Rezultati i diskusija

U analiziranom je razdoblju zabilježeno ukupno 323 otežana astmatična napadaja, pri čemu su oni bili najčešći u svibnju (38) a najmanje ih je bilo u veljači (13). Zimi prosječno najviše astmatičnih napadaja ima u danima s bezgradijentnim poljem tlaka anticiklonalne i ciklonalne zakrivljenosti (B_c i B_a) (Sl. 1). Analiza uvjetne vjerojatnosti tipova vremena oko dana "n" s $> \bar{X} + \hat{\sigma}$ astmatičnih napadaja (Sl. 2) ukazuje da povećanom broju astmatičnih napadaja pogoduje promjena vremena – nakon stabilnog vremena kakvo prevladava u anticikloni (A_p i A_s) te u situacijama s grebenom visokog tlaka (G) (u danima n-3, n-2 i n-1), dolazi do promjene zbog nailazeće ciklone (tip C_p u danu n+1 i C_s sljedećega dana). Učestalost astmatičnih napadaja oko dana s prolazom hladne fronte potvrđuje taj rezultat – astmatičnih je napadaja više jedan ili dva dana nakon hladne fronte (n+1 i n+2) nego u bilo kojem drugom danu u 7-dnevnom razdoblju oko dana s hladnom frontom.



Slika 1. Srednji dnevni broj otežanih astmatičnih napadaja u različitim tipovima vremena (debeli linija) i srednji dnevni broj otežanih astmatičnih napadaja (tanka linija) po godišnjim dobima, Zagreb, 1984.

U proljeće su odnosi mnogo slabije izraženi. Prosječno je najviše astmatičnih napadaja vezano uz zahlađenje do kojeg dolazi na stražnjoj strani ciklone (nakon prolaza hladne fronte) (tip C_s) (Sl. 1). U 7-dnevnom razdoblju oko dana "n" s mnogo astmatičnih napadaja u proljeće se ne ističu pojedini tipovi kao zimi (Sl. 2). Veću vjerojatnost pojavljivanja prednje, hladne strane anticiklone (A_p) 2-3 dana nakon dana "n" s mnogo astmatičnih napadaja teško bi bilo objasniti direktnim utjecajem vremena koje će uslijediti za 2-3 dana. Međutim, znajući da taj vremenski tip slijedi najčešće nakon prolaza ciklone ili fronte, uzrok povećanom broju astmatičnih napadaja u danu "n" može se tražiti u zahlađenju uzrokovanom prolazom hladne fronte, na što ukazuje i veća učestalost tipa C_s (oko 25%) u tom danu (Sl. 2), kao i veća učestalost astmatičnih napadaja u danu s prolazom hladne fronte (Sl. 3). Doda li se ovome i nešto veća vjerojatnost tipa NE (sjeverno, sjeveroistočno i istočno strujanje) u dane n-2, n-1 i n (20%), može se pretpostaviti da je zahlađenje uzrok povećanom broju astmatičnih napadaja u proljeće. Treba, međutim, voditi računa da je u promatranom razdoblju bilo malo tipova C_s i NE i da bi pouzdanost dobivenih rezultata svakako trebalo ispitati na većem uzorku. Toplo i sparno vrijeme kakvo prevladava na stražnjoj, toploj strani anticiklone (A_s) (Sl. 1 i 2), a koje ljeti često prethodi pogoršanju vremena (prednja strana ciklone C_p u danima n+2 i n+3) povezano je s velikim brojem astmatičnih napadaja. Međutim, zbog male učestalosti tih tipova tijekom 1984. godine, taj rezultat treba uzeti s oprezom i provjeriti ga na većem uzorku. Treba istaknuti da se 1 do 3 dana



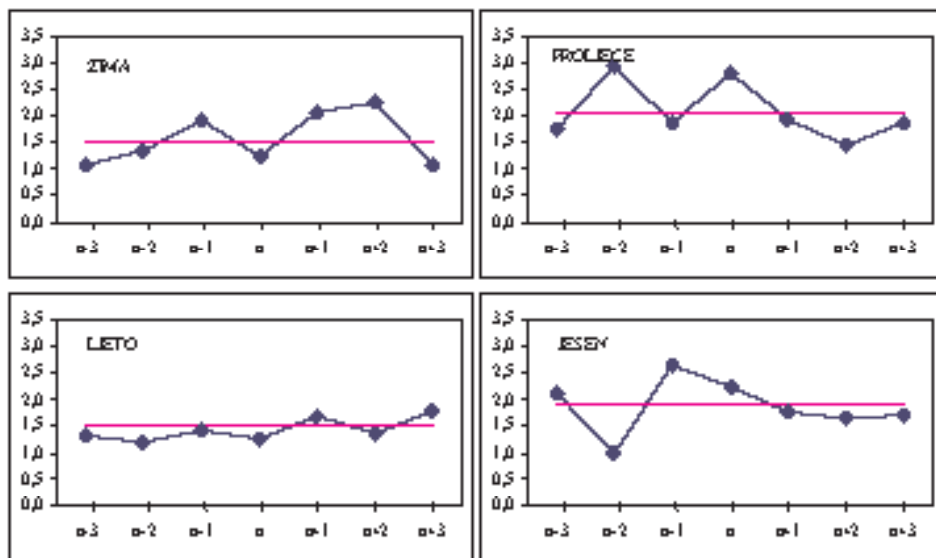
Slika 2. Uvjetna vjerojatnost pojavljivanja tipova vremena (%) u danima oko dana "n" s $\bar{x} + \hat{\sigma}$ otežanih astmatičnih napadaja po godišnjim dobima, Zagreb, 1984.

uoči dana s mnogo astmatičnih napadaja češće javlja stražnja strana ciklone (C_s) te ljeti relativno česti tip bezgradijentnog ciklonalnog polja tlaka (B_c) u kojem su česte oluje i nestabilnosti popraćene jakim oborinom (Sl. 2). Analiza pojavljivanja hladnih fronti također ukazuje da su astmatični napadaji ljeti najčešći dan nakon prolaska hladne fronte (Sl. 3).

U jesen se povećani broj astmatičnih napadaja pojavljuje u situacijama s niskim tlakom zraka (dolina D u danu n i C_s sljedećega dana). S druge strane, povećana se vjerojatnost astmatičnih napadaja pojavljuje dva dana nakon hladne NE situacije a i uoči situacija s južnim (S) i zapadnim (W) strujanjem (Sl. 2). Povećani se broj astmatičnih napadaja pojavljuje dan prije prolaza hladne fronte (Sl. 3).

4. Zaključak

Naša su istraživanja pokazala da se povećani broj astmatičnih napadaja kod djece zimi i ljeti češće javlja u situacijama s promjenom vremena, posebno dan nakon prolaska hladne fronte. U proljeće i jesen astmatični su napadaji češći u situacijama



Slika 3. Srednji dnevni broj otežanih astmatičnih napadaja (debeli linija) oko dana "n" s prolazom hladne fronte i srednji dnevni broj otežanih astmatičnih napadaja (tanka linija) po godišnjim dobima, Zagreb, 1984.

s hladnim strujanjem (NE). Napomenimo da su najpouzdaniji zimski podaci, budući da su tipovi vremena koji su se istakli kao opasni u ovoj sezoni i relativno česti. Za ostale sezone međutim rezultate treba uzimati s rezervom zbog male učestalosti opasnih tipova vremena i trebalo bi ih provjeriti na većem uzorku.

Literatura

1. Derrick, E.H., 1969: The Short-term Variation of Asthma in Brisbane: Its Relations to the Weather and other Factors, *Int. J. Biometeorol.*, 13, 295-308
2. Goldstein, J.F., 1980: Weather Patterns and Asthma Epidemics in New York City and New Orleans, USA., 24, 329-340
3. Poje, D., 1965: Tipovi vremena u Jugoslaviji i njihova ovisnost o cirkulaciji atmosfere nad Jugoslavijom, Disertacija, Zagreb, 215 str.
4. Pleško, N. i drugi, 1884: Astma i kronični bronhitis, priručnik za bolesnike, 98 str.
5. Tromp, S. W., 1957: Recent Studies on the Possible Biometeorological Periodicity of Asthma Attacks nad of Mental Diseases in the Netherlands, I Bioclimatological Congress, Vienna, 23-27. September, 1-18.
6. Tromp, S. W., 1963: Medical Biometeorology, Elsevier Publishing Comp., Amsterdam, 991 str.
7. Tromp, S. W., 1977: Progress in Biometeorology, Vol 1. Part II, Swets and Zeithlinger, Amsterdam, 416 str.
8. Tromp, S. W., 1980: Biometeorology, Heyden, 346 str.
9. Tromp, S. W., Bouma, J., 1965: Effect of Weather in Asthmatic Children in the Eastern Part of the Netherlands, *Int. J. Biometeorol.*, 9, 233-238.

Tema 5
Zaštita zraka u sustavu prostornog
uređenja i građenja



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Cvitan, L.¹

Mogućnosti i ograničenja primjene mjerenog i motrenog vjetra na Krku

Sažetak: Kvalitetu i količinu podataka vjetra treba precizno poznavati pri planiranju suvremenih ljudskih djelatnosti i provođenju zaštite zraka. Analizirana je kvaliteta raspoloživih podataka vjetra s otoka Krka radi planiranja primjene energije vjetra, kojom se indirektno provodi zaštita zraka. Sve suvremene djelatnosti zahtijevaju i suvremeno sakupljanje podataka o vjetru. U ovom su radu uspoređeni prizemni klasično motreni podaci o vjetru i mjereni podaci, suvremeniji i kvalitetniji, s lokacije krčke zračne luke u Omišlju iz razdoblja 1981-1990. Za potrebe je planiranja primjene energije vjetra poželjno raspolagati što duljim vremenskim nizom podataka, a neprikladnost je primjene kratkih vremenskih nizova za ovdje spomenute potrebe prikazana usporedbom jednogodišnjih i desetogodišnjih mjerenih krčkih podataka vjetra.

Possibilities and Limitations in Application of Measured and Observed Wind Data at Island Krk

Summary: In the planning of the wind energy application, it is desirable to have at disposal a long period wind data series. Generally, the observed wind data are available for the longer period than the measured data. In this paper are examined the observed wind data precision and sufficiency for planning of wind energy application at Omišalj location (island Krk). By reason of that, the observed data are compared with the measured wind type data during the period 1981-1990. Analysed are the differences between relative frequencies of the annual and seasonal wind "strength"/speed categories and frequencies of wind directions of the observed and measured wind. Great differences are detected between the frequencies determined for two types of weak winds' data. The corresponding differences are not significant for stronger winds, which are more important in wind energy application. So, the compound frequency distribution of occurrences of the measured wind speed categories and directions, are convenient for the discussed purpose. The comparison of the individual annual and seasonal wind speed histograms and wind roses on the one hand, and the histograms and wind roses representative for the whole ten years period on the other hand, shows the necessity of disposal with a long period measured data. For the period without the wind measuring, it should be useful to use strength wind data for the local strong winds analysis.

¹ Lidija Cvitan, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, Hrvatska

1. Uvod

Pri planiranju je eksploatacije skupih onečišćujućih izvora energije često nužno raspolagati i skupim podacima prizemnog i visinskog vjetra i ostalih meteoroloških elemenata izmjenjenim sofisticiranim instrumentima (Cvitan, 1991 i Cvitan, 1997). Kako bi se umjesto onečišćujućih energenata što šire uvela "čista" i jeftina energija vjetra, na lokacijama se u svijetu gdje nema podataka o vjetru, za prve procjene energetskog potencijala vjetra primjenjuju čak i razni posredni pokazatelji vjetrovnog energetskog potencijala (Yoshino i dr., 1976). Planiranje je primjene vjetra kao izvora energije u Omišlju na otoku Krku jedna od novijih djelatnosti u Hrvatskoj za koju je bilo nužno primarno ispitati pouzdanost raspoloživih lokalnih prizemnih podataka o vjetru. Kako je za spomenute potrebe na Krku povoljno raspolagati podacima o vjetru iz što duljeg razdoblja, analizirana je pouzdanost one vrste podataka koja je tamo raspoloživa u najduljem razdoblju. To su podaci s meteorološke postaje tzv. klimatološke vrste, koji se sakupljaju bez instrumenta, klasičnim motrenjima vjetra u tri dnevna termina – 7, 14 i 21 sat. Pouzdanost je te vrste podataka analizirana usporedbom sa suvremenijim i kvalitetnijim podacima o vjetru koji su dobiveni mjerenjima smjera i brzine vjetra u 24 satna termina dnevno. Nepouzdanost je vremenski kratkih nizova podataka prikazana na primjerima prosječnih osobina smjera i brzine krčkog vjetra na temeljima jednogodišnjih i desetogodišnjih mjerenja vjetra.

2. Podaci

Analizirani su motreni i mjereni podaci vjetra s lokacije krčke zračne luke u Omišlju iz razdoblja 1981.-1990.. Motrenje se vjetra osniva na vizuelno opaženim učincima vjetra na obližnje prepreke i predmete u prirodi. Motrenjem se procjenjuju smjer i jačina vjetra. Jačina se vjetra procjenjuje prema Beaufortovoj ljestvici koja ima dvanaest stupnjeva (B), odnosno od 0B do 12B, gdje 0B označava vjetar zanemarive jačine - tišinu (Penzar i dr., 1996). Mjerenjima se vjetra na visini od 10m nad tlom određuju smjer i brzina vjetra (ms^{-1}). Kako bi skupovi motrenih jačina i mjerenih brzina vjetra bili usporedivi, naknadno su iz podataka izmjerenih brzina vjetra određene i jačine vjetra.

3. Razlike desetogodišnjih motrenja i mjerenja vjetra

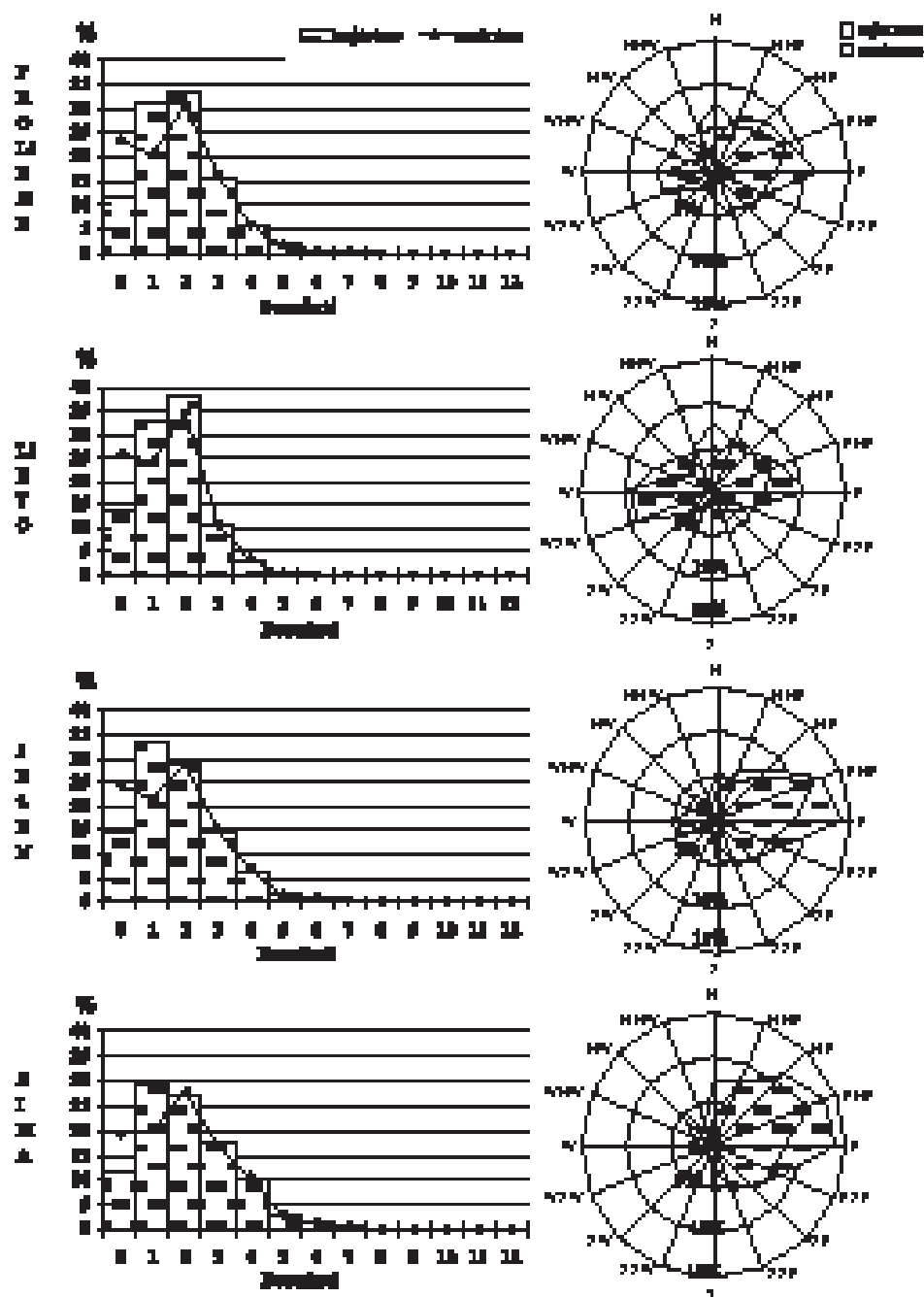
Razlike između prosječnih vjetrovnih prilika utvrđenih na temelju opisanih motrenih i mjerenih podataka mogu biti posljedica subjektivnih i objektivnih pogrešnih motriteljevih vizualnih procjena, te utjecaja prirodno velike lokalne promjenljivosti vjetra u vrijeme nekih klimatoloških termina motrenja. Razlike su utvrđene na temelju relativnih učestalosti mjerenih i motrenih smjerova vjetra i relativnih učestalosti pojedinih razreda jačine vjetra koja je motrenjem direktno, a iz mjerenja naknadno procijenjena. Spomenute su učestalosti analizirane za

cijelo godišnje razdoblje, te posebno i za svako od četiriju godišnjih doba. Kako bi se razlučili neki razlozi uočenih razlika, dodatno su analizirane vjerojatnosti istovremenog pojavljivanja pojedinih smjerova vjetra po razredima brzine/jačine, te prosječne stalnosti vjetra tijekom dana u svim promatranim razdobljima. Stalnost je vjetra omjer između iznosa srednje skalarne i srednje vektorske brzine vjetra i predstavlja mjeru za promjenljivost smjera vjetra.

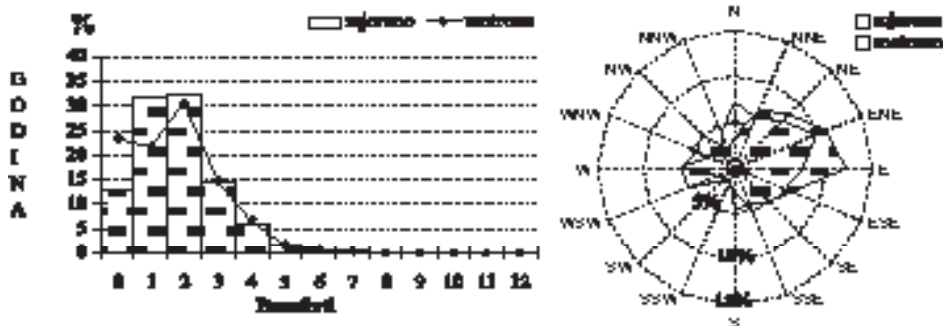
Učestalosti se jačine 0B (tišina) i 1B (lagani povjetarac) motrenog i mjerenog vjetra na području Krka i u pojedinim sezonama i u godišnjem razdoblju najviše razlikuju (slike 1 i 2). Ta je činjenica logična jer je slabe vjetrove najteže ocijeniti osjetilom vida. Također, iako se jačina vjetra ocjenjuje prema vizuelnim učincima strujanja na objekte u prirodi, pogrešne procjene jačine vjetra mogu biti nehوتيčno uzrokovane i nerealnim motriteljevim doživljavanjem jačine vjetra pomoću ostalih osjetila. To ovisi o vlažnosti i temperaturi zraka nadolazećeg strujanjem. Ljudska su osjetila osjetljivija na rashlađivanje slabim ali hladnim vjetrom zimi, nego na rashlađivanje jednako slabim i toplim vjetrom ljeti. Stoga je to, uz općenito najmanju količinu slabog vjetra u zimi, jedan od razloga da su učestalosti motrenog vjetra u spomenuta dva razreda najmanjih jačina vjetra najslabije učestalostima mjerenog vjetra u zimi, odnosno da se, zbog veće osjetljivosti ljudskih osjetila na vjetar za hladnijeg vremena, količine tišine manje razlikuju prema motrenjima i mjerenjima u zimi i jeseni nego u ljetu i proljeću (slika 1). Uočeno je zimsko najbolje podudaranje mjerenog i motrenog slabog vjetra, povezano i sa stalnošću vjetra, te s nesimetričnošću i nejednakom osjetljivošću objekata oko meteorološke postaje na kojima se promatra učinak vjetra. Naime, ukoliko je promjena smjera vjetra česta i ako ona uključuje i smjerove sa slabo osjetljivim preprekama veća je vjerojatnost za nastajanje subjektivnih pogrešaka pri motrenju jačine vjetra. Zimska je stalnost vjetra veća nego stalnost u ostalim sezonama.

Vjetar veće jačine (jači od 2B), koji je značajniji u primjeni energije vjetra, nije u Omišlju u promatranom desetljeću značajnije različito mjeren i motren. Stoga bi se na temelju opisanih prvih analiza samo jačine vjetra moglo zaključiti da za potrebe planiranja primjene energije vjetra, nepreciznosti motrenja jačine vjetra nemaju prevelik utjecaj u Omišlju.

Učestalosti se pojavljivanja pojedinih smjerova vjetra, prikazane pomoću ruža motrenog i mjerenog vjetra, najviše razlikuju u smjerovima koje karakterizira velika učestalost izmjerene brzine vjetra malih brzina (slike 1 i 2). Za te su smjerove utvrđene razlike značajne. Razlog je značajnih razlika često pogrešno motrenje vrlo slabog vjetra kao tišine. Kako je u planiranju primjene energije vjetra, uz brzinu (jačinu), potrebno jednako precizno poznavati i smjer vjetra, u Omišaljskom slučaju to znači da je takvo planiranje nužno temeljiti na raspoloživim preciznim analizama istovremenog pojavljivanja pojedinih smjerova vjetra po razredima izmjerene brzine vjetra. S druge su strane, razlike između učestalosti utvrđenih mjerenjem i motrenjem smjerova vjetra ipak najmanje u slučaju jačeg vjetra prikladnog za primjenu vjetrovne energije. Stoga bi pri planiranju primjene vjetra,



Slika 1. Sezonske relativne učestalosti jačina (lijevo) i smjerova (desno) vjetra na temelju mjerenih i motrenih podataka u Omišlju na Krku u razdoblju 1981-1990.



Slika 2. Godišnje relativne učestalosti jačina (lijevo) i smjerova (desno) vjetra na temelju mjerenih i motrenih podataka u Omišlju na Krku u razdoblju 1981-1990.

zbog potrebe obuhvaćanja što duljeg razdoblja, valjalo osim mjerenih, uključiti i motrene podatke vjetra (za razdoblje kad mjereni podaci još nisu postojali).

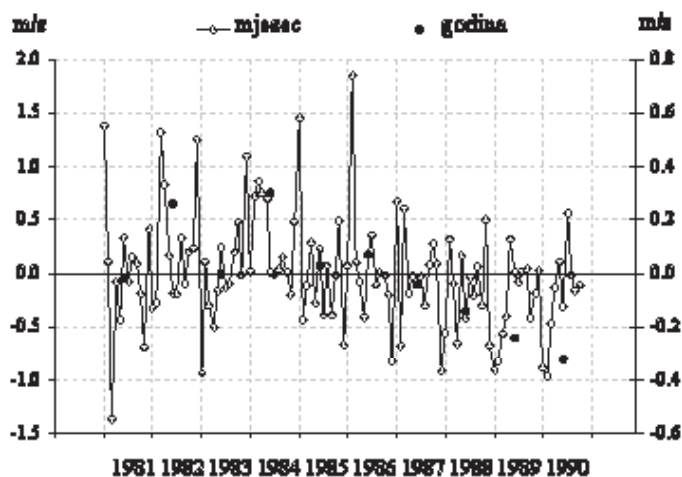
4. Usporedba desetogodišnjih i jednogodišnjih mjerenja vjetra

Planiranje bi uporabe energije vjetra bilo poželjno osnivati na barem tridesetogodišnjim mjerenjima vjetra jer su ispitivanja pokazala da tek vremenske prilike stabilizirane tijekom toliko dugog razdoblja dovoljno pouzdano ukazuju na prosječnu lokalnu klimatsku varijabilnost, te stoga i na rizik pri oslanjanju na energiju vjetra. U nedostatku tako dugog niza podataka, valja primijeniti što duži raspoloživi niz. Niz samo jednogodišnjih podataka nije prikladan, što će se prikazati na primjeru satnih podataka mjerenih brzina i smjerova vjetra iz pojedinih godina promatranog desetogodišnjeg razdoblja 1981-1990.

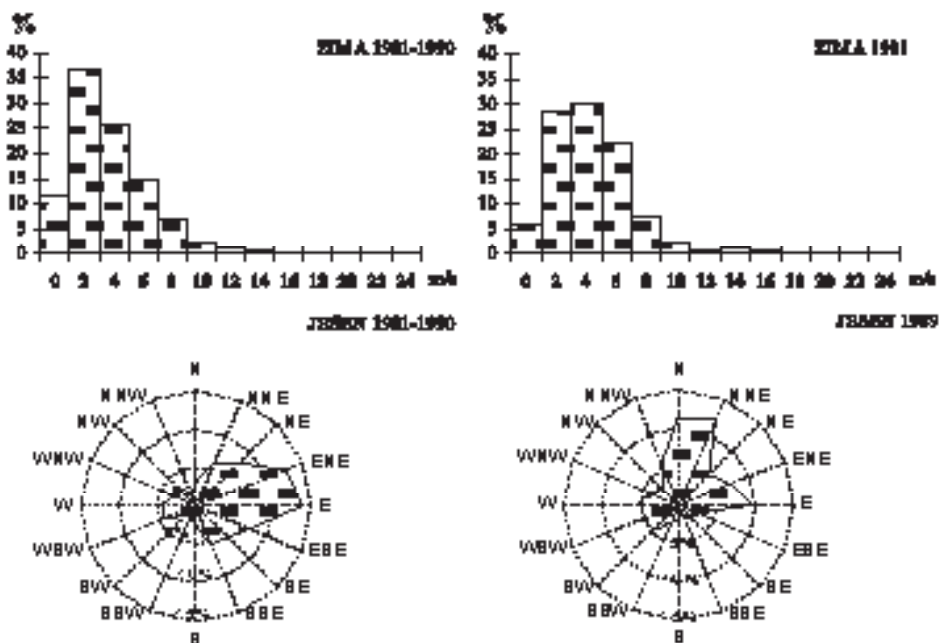
Vremenska je promjenljivost brzine vjetra analizirana na temelju odstupanja srednjih mjerenih mjesečnih i srednjih mjerenih godišnjih brzina vjetra pojedinih godina od odgovarajućih srednjih mjerenih mjesečnih i srednje godišnje brzine vjetra cijelog spomenutog desetogodišnjeg razdoblja. Međugodišnje su najveće varijacije srednjih mjesečnih brzina vjetra tijekom hladnijeg dijela godine, od studenog do ožujka. Razlike su između pojedinih srednjih godišnjih i srednjih mjesečnih brzina vjetra s jedne, i odgovarajućih desetogodišnjih prosjeka s druge strane, prikazane na slici 3.

Relativne su učestalosti brzina i smjerova vjetra pojedinih godina, kako onih u kojima su spomenute srednje brzine više, tako i onih u kojima su one manje odstupale od desetogodišnjih prosjeka brzine, također jasno pokazale značajna odstupanja od pripadnih desetogodišnjih prosjeka učestalosti.

Primjer bitno drugačije zimske razdiobe relativne učestalosti brzine vjetra tijekom 1981. godine na krčkom području ukazuje na približno za četvrtinu manju učestalost vjetra brzine manje od 2.0 ms^{-1} (razredi 0 i 2 na slici 4), odnosno za oko četvrtinu veću učestalost vjetra brzine veće od 2.0 ms^{-1} nego u razdoblju 1981.-



Slika 3. Razlike između srednjih mjesečnih (linije) i godišnjih (ispunjeni kružići) brzina vjetra i pripadnih desetogodišnjih srednjaka u Omišlju na Krku u razdoblju 1981.-1990.



Slika 4. Sezonske relativne učestalosti pojedinih razreda brzine i smjerova vjetra - prosječne desetogodišnje (lijevo) i dvaju pojedinačnih sezona (desno) u Omišlju na Krku u razdoblju 1981.-1990.

1990.. Osobito je u 1981. godini uočljiva, a za primjenu energije vjetra značajna, činjenica da je zimska učestalost od 22% vjetra brzine od 4.0 do 5.9 ms⁻¹ (tj. razreda brzine 6 na slici 4) veća za približno polovicu od relativne učestalosti istog razreda vjetra u periodu 1981.-1990.. Na slici 4 su širine pojedinih razreda 1.9 ms⁻¹, dok jedino razred 0 obuhvaća vjetar brzine 0.0-0.3 ms⁻¹, a razred 24 obuhvaća sve brzine vjetra veće od 21.9 ms⁻¹.

Relativna je učestalost vjetra pojedinih smjerova na krčkom području bila bitno drugačija od prosječne desetogodišnje osobito u jesenskim mjesecima 1989. godine (slika 4). Za razliku od desetogodišnje prosječno najčešćeg vjetra iz smjerova NE-ESE, uz izrazito najzastupljeniji istočni (E) smjer (13.7%) i slabo zastupljen sjeverni (N) vjetar (3.1%), u 1989. godini je uz NNE smjer (12.3%) najčešći upravo N smjer vjetra (11.5%), a učestalost E vjetra je manja (9.5%), te je oblik godišnje ruže vjetra znatnije drugačiji od desetogodišnje.

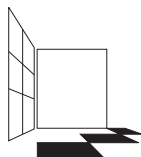
5. Zaključak

Dok su razlike između mjerenih i motrenih podataka vjetra značajne kod slabog vjetra, one su male kod jačeg vjetra, kakav je prikladan za planiranje uporabe energije vjetra. Stoga bi pri planiranju primjene vjetra, zbog potrebe obuhvaćanja što duljeg razdoblja, valjalo osim mjerenih, uključiti i motrene podatke jačine vjetra (za razdoblje kad mjereni podaci još nisu postojali). Zbog potrebe je istovremeno jednako preciznog poznavanja i smjera i brzine (jačine) vjetra, planiranje primjene energije vjetra u Omišaljskom slučaju ipak nužno temeljiti na raspoloživim preciznim analizama istovremenog pojavljivanja pojedinih smjerova vjetra po razredima izmjerene brzine vjetra. Velike razlike rezultata na temelju analiza desetogodišnjih i jednogodišnjih mjerenih podataka ukazuju na nereprezentativnost i neprikladnost samo jednogodišnjih nizova za planiranje uporabe energetskog potencijala vjetra na Krku.

Literatura

- Cvitan, L., 1991: Profil vjetra u prizemnom sloju atmosfere, Hrvatski meteorološki časopis, 26, 53-63.
- Cvitan L., 1997: Wind Speed Profiles in Stable Conditions Estimated from Near-Surface Observed Data, The Third European Conference on Applications of Meteorology, Lindau (Germany), 23-26 September 1997, Annalen der Meteorologie 35, Proceedings, 282-283.
- Penzar B. i suradnici, 1996: Meteorologija za korisnike, Školska knjiga i Hrvatsko meteorološko društvo, Zagreb.
- Yoshino, M. M. (ed.), 1976: Local Wind Bora, University of Tokyo.

Posteri



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Božičević K., Avirović G., Vešligaj A.¹

Izrada katastra emisija u zrak Petrokemije d.d.

Sažetak. *Petrokemija d.d. je jedan od većih proizvođača mineralnih gnojiva i čađa u ovom dijelu Europe, a jedini u RH. Uz to prerađuje i bentonitnu glinu. Proizvodi Petrokemije su od vitalnog značaja za društvo, s najvećim utjecajem na proizvodnju hrane. Međutim tehnološki procesi koji se koriste za navedene proizvodnje vrlo su zahtjevni u pogledu zaštite okoliša. Petrokemija je najveći lokalni onečišćivač okoliša. Zastupljeni su svi značajniji aspekti onečišćavanja okoliša. U emisiji u zrak prisutni su plinovi SO_2 , NO_x , NH_3 , H_2S , HF , SiF_4 , CO_2 , CO , CH_4 , te prašina. Od 1976. Petrokemija d.d. prati emisije u zrak, kao i imisijske koncentracije karakterističnih onečišćenja u prizemnom sloju atmosfere Grada Kutine. Temeljem dobivenih rezultata poduzimale su se tehničko-tehnološke mjere smanjenja emisija. Rezultati praćenja emisije obrađivali su se u okviru godišnjeg izvještaja emisija u zrak, a dostavljali izvan Petrokemije samo na posebne zahtjeve tijela uprave ili stručnih ustanova. Već po donošenju nacrtu Pravilnika o katastru emisija u okoliš (1995.), Petrokemija je ažurno pristupila izradi katastra. Temeljem iskustva i stupanjem na snagu Pravilnika o katastru emisija u okoliš u svibnju 1996., u Petrokemiji je napravljen radni postupak kojim su propisane sve obveze u izradi katastra, od izrade podloga za Katastar, ispunjavanja propisanih obrazaca, obrade podataka, pa do dostave podataka u nadležni Županijski ured. Katastar emisija u zrak sastavni je dio katastra onečišćavanja okoliša Petrokemije i služi kao podloga u definiranju mjera unapređenja zaštite okoliša. Od 1996. ispunjeni obrasci dostavljaju se u nadležni Županijski ured za potrebe izrade katastra Županije i RH. U narednom razdoblju planiramo unaprijediti vođenje katastra kompjutorskim programom.*

Air Emission Inventory of Petrokemija Ltd

Summary. *Petrokemija Ltd is the only fertilizer, carbon black and bentonite clay manufacturer in Croatia and one of the major in this part of Europe. Petrokemija products are very important for society and have a considerable influence on the food production. However, technological processes used for above mentioned products are required concerning the environmental protection. Petrokemija is the major local environmental polluter. The pollutants in air emission are SO_2 , NO_x , NH_3 , H_2S , HF , SiF_4 , CO_2 , CO , CH_4 and dust. Since 1976 Petrokemija has monitored emission to the atmosphere as well as*

¹ K.Božičević, G.Avirović, A.Vešligaj, Petrokemija d.d., 44320 Kutina

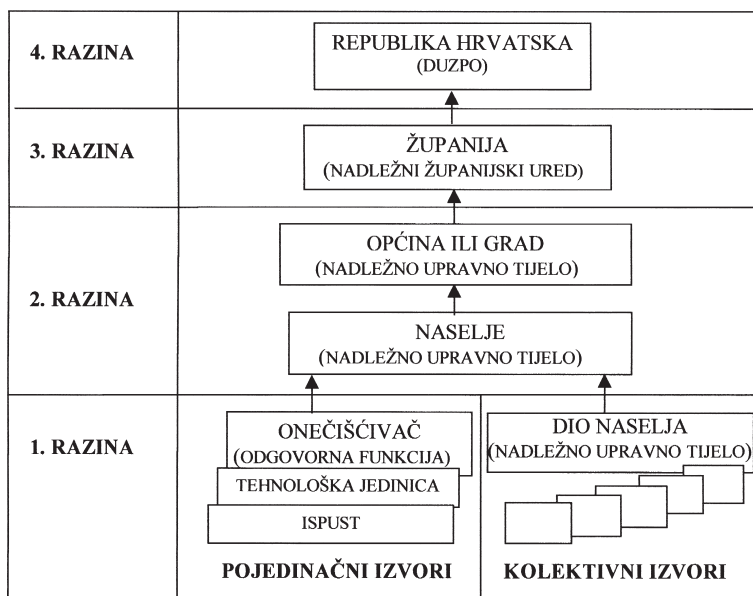
the immission concentrations of the characteristic pollutants in Kutina area. On the basis of the obtained results, technical-technological measures are undertaken in order to abate the emissions. Results of the emission monitoring have been processed and presented in the annual report on the emission to the atmosphere, and have been submitted only at the request of government or other competent institutions. Upon carrying a draft of the Rule book on environmental emission inventory (1995), Petrokemija has approached to elaborate a inventory. On the basis of experience and becoming effective the Rule book on environmental emission inventory in the May, 1996, the work procedure was prepared. All obligations concerning the preparing of inventory were prescribed, from preparing the basis of inventory, filling out the prescribed forms, data processing and to data submitting to the district office. Air emission inventory is a part of Petrokemija environmental pollution inventory and serves as the basis for defining the measures of environmental protection improvement. Since 1996 filled prescribed forms have been delivered to the district office for the purpose of elaborating the district inventory and the inventory of Croatia. In the further period we plan to improve the inventory by computerisation.

Uvod

U izvjesnim dijelovima svijeta, posebno u industrijski razvijenim državama Zapadne Europe i Sjeverne Amerike već desetak godina i više na raspolaganju su detaljni katastri emisija koji se neprekidno revidiraju i unapređuju. U drugim regijama katastri emisije su uglavnom nepouzdana ili nekonzistentni.⁽¹⁾ Zakonom o zaštiti okoliša (NN 82/94) utvrđena je obveza uspostave katastra onečišćavanja okoliša, a Zakonom o zaštiti zraka (NN 48/95) i obveza izrade katastra emisija u zrak, kao skupa podataka o izvorima, vrsti, količini, načinu, mjestu unošenja, ispuštanja ili odlaganja štetnih tvari u okoliš.⁽²⁾ Izrada emisijskog katastra u zrak složen je posao, a započinje ispunjavanjem propisanih obrazaca na razini onečišćivača temeljem podataka mjerenja ili proračuna. U Petrokemiji, onečišćivaču s brojnim ispuštima i više vrsta štetnih tvari, izrada katastra emisija u zrak provodi se po jedinstvenom dokumentiranom postupku koji obuhvaća sve organizacijske cjeline⁽³⁾. Postupak je istovremeno i ispunjenje zahtjeva sustava upravljanja okolišem prema normi HRN EN ISO 14001, koji se uvodi u Petrokemiji.

Razine prikazivanja katastra emisija u zrak

Izrada katastra emisija u zrak temelji se na sumiranju podataka o emisijama u zrak od najniže (onečišćivač) do najviše razine (DUZPO). Shema 1 prikazuje razine prikazivanja katastra za pojedinačne i kolektivne izvore.



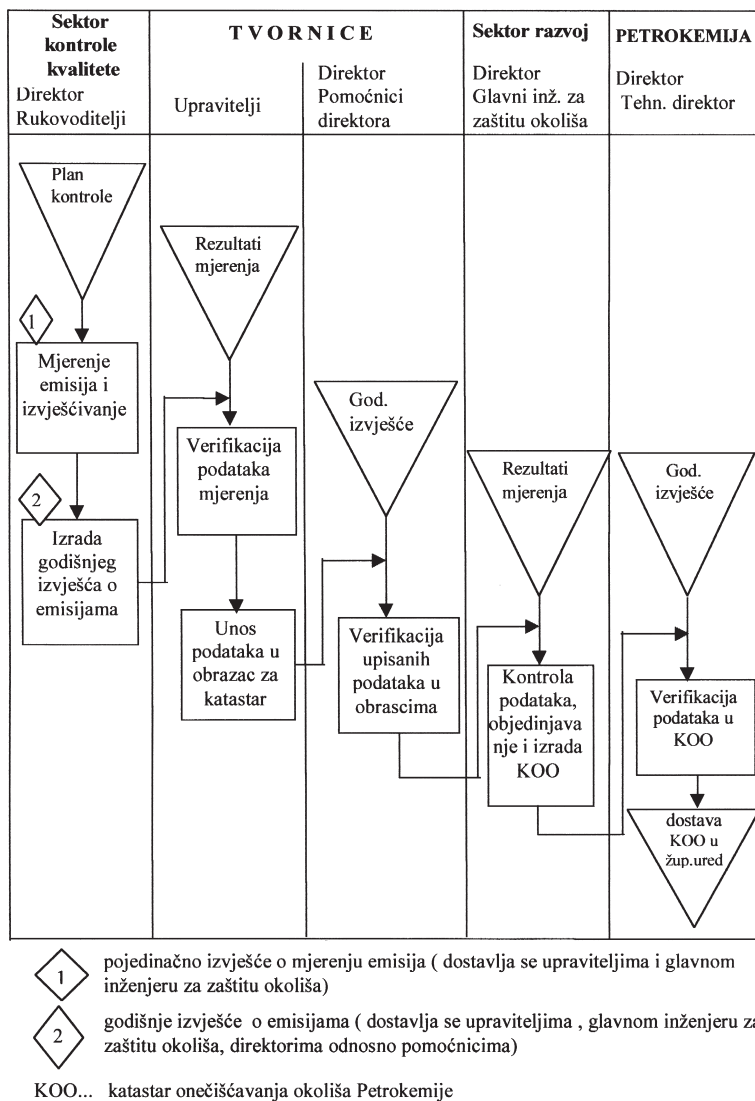
Shema 1. Razine prikazivanja katastra emisija u okoliš

Tijek izrade emisijskog katastra u zrak na razini onečišćivača u Petrokemiji

Tijek prikupljanja podataka i izrada katastra emisije u zrak prikazan je shemom 2.

U emisiji u zrak prisutni su plinovi SO_2 , NO_x , NH_3 , H_2S , HF , SiF_4 , CO_2 , CO , CH_4 , te prašina. Od 1976. Petrokemija prati emisije u zrak, kao i imisijske koncentracije karakterističnih onečišćenja u prizemnom sloju atmosfere Grada Kutine. Temeljom dobivenih rezultata poduzimale su se tehničko-tehnološke mjere smanjenja emisija. Rezultati praćenja emisije obrađivali su se u okviru godišnjeg izvještaja emisija u zrak, a dostavljali izvan Petrokemije samo na posebne zahtjeve tijela uprave ili stručnih ustanova. Zakonom o zaštiti okoliša i Pravilnikom o katastru emisija u okoliš propisan je jedinstven način izrade katastra emisija u zrak.

Katastar emisije u zrak u Petrokemiji u dijelu prijave emitiranih količina štetnih tvari za gotovo sve ispušte temelji se na izmjerenim podacima. Prije nego što se pristupa izradi tj. ispunjavanju obrazaca (sukladno Pravilniku i katalogu) za pojedinačne izvore određeno je koje će se štetne tvari i ispusti uključiti u katastar. Kao polazni kriterij uzete su odredbe Uredbe o graničnim vrijednostima emisije



Shema 2. Izrada katastra emisija u zrak u Petrokemiji

onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (NN 140/97) koje navode štetne tvari za tehnološke procese unutar Petrokemije, a na postojećim ispuštima i dimnjacima. Ovi podaci uz, poziciju ispusta, vrstu djelatnosti, primjenjene jedinične tehnološke operacije, vrstu ispusta i slično čine tzv. stalne informacije u katastru. ⁽⁴⁾

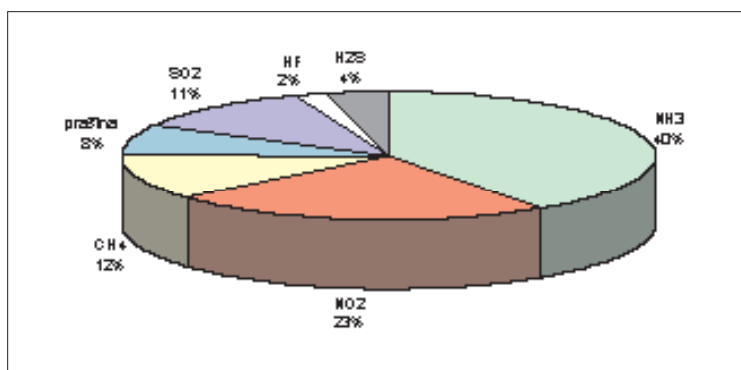
Katastar emisija u zrak i upravljanje kakvoćom zraka u Petrokemiji

Izrađeni katastar emisija u zrak kao sastavni dio katastra onečišćavanja okoliša Petrokemije, dostavlja se u zakonskom roku u nadležni županijski ured na daljnju obradu i integraciju u katastar više razine.

Obrađeni podaci iz katastra dopunjeni podacima o kakvoći zraka, polazna su osnova kod definiranja aspekata okoliša i izrade strategije i programa zaštite zraka.

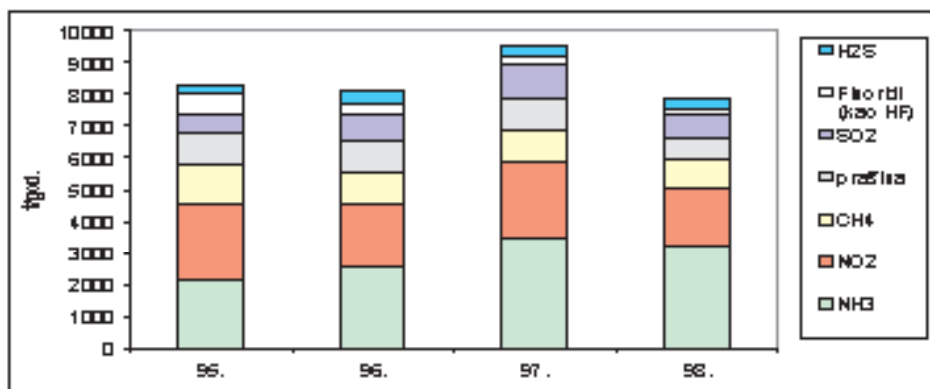
Podaci iz katastra emisija su ujedno i indikator provedbe zaštitnih mjera poboljšanja. Katastar emisija postaje tako jedna od najvažnijih sastavnica upravljanja kakvoćom zraka na razini onečišćivača.

Temeljom podataka iz katastra utvrđeni su relativni udjeli onečišćujućih tvari u emisiji u zrak u 1998. (slika 1). Utvrđeni udjeli tipični su za proizvodne procese Petrokemije⁽⁵⁾.



Slika 1. Relativni udjeli karakterističnih onečišćenja u emisiji u zrak iz Petrokemije u 1998.g.

Kretanje ukupnih godišnjih količina onečišćujućih tvari u zrak u razdoblju 1995. – 1998. prema podacima iz katastra, prikazano je na slici 2⁽⁵⁾.



Slika 2. Udio pojedinih onečišćenja u ukupnoj godišnjoj emisiji u zrak za razdoblje 1995.-98. (bez ugljikovih oksida)

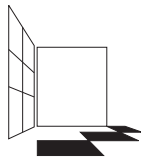
Ukupna godišnja emisija u zrak u 1998. manja je u odnosu na protekle godine, što je uz smanjenje ostvarene proizvodnje i rezultat poduzetih mjera poboljšanja. Analiza prikupljenih podataka rezultirala je listom prioriteta poboljšanja stanja. U narednom razdoblju prioriteta su smanjenje emisije amonijaka i sumporovodika. Prezentiranje podataka na stranicama interneta (www.petrokemija.tel.hr) proširenje je dosadašnjeg načina informiranja javnosti.

Zaključak i daljnje preporuke

- Propisana jedinstvena metodologija prikupljanja podataka o emisijama u zrak korisna je i udovoljava potrebama raznih korisnika.
- Podaci iz katastra emisija u zrak važna su sastavnica u upravljanju kakvoćom zraka i utvrđivanju mjera poboljšanja.
- Vođenje katastra na najnižoj razini potrebno je unaprijediti korištenjem kompjuterskog programa.
- Predlažemo racionalizaciju u izradi katastra svih razina i pojednostavljenje primjene postojećih obrazaca i to u smislu:
 - postojeće standardizirane obrasce za katastar emisija u zrak koristiti za prvu prijavu ispusta i eventualne promjene karakteristika ispusta.
 - za redovnu godišnju prijavu emisija popunjavati obrasce samo s brojem i nazivom ispusta te s promjenljivim veličinama
 - usuglasiti sadašnju dostavu podataka o otpadu (tromjesečno) s dostavom podataka o emisijama u zrak i vode (godišnje).

Literatura

1. Graedel, T.E., et al.: 1995, Global emissions inventories of acid-related compounds, Water, Air and Soil Pollution, 85:25-36.
2. Buljan, H.: 1998., Uspostava KEO u Republici Hrvatskoj, Okoliš 83
3. Izrada katastra onečišćavanja okoliša, Postupak br. 01-06-1-5-9-407, Petrokemija, d.d.
4. Jendričko, J., Jurković, Z., Šipalo-Žuljević, J. i dr.: 1993., Hrvatski emisijski katastar, Gospodarstvo i okoliš 3
5. Zaštita okoliša – Godišnje izvješće za 1998.g. (Internet, lipanj 1999. g.)



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Fudurić Jelača M.¹, Aurer Jezerčić I.¹

Izokinetičko uzorkovanje krutih čestica – načela, metodologija mjerenja i obrada rezultata

Sažetak: Krute čestice (čada) uz ostale tvari u otpadnom plinu uređaja za loženje jesu jedan od bitnih zagađivača atmosfere. Prema Uredbi o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora navedene su vrijednosti emisija krutih čestica koje se ne bi smjele prekoračiti. Da bi se dobili stvarni rezultati količine krutih čestica koje emitira izvor, potrebno je držati se propisane metodologije uzorkovanja i obrade podataka.

Za to su bitni ispravan odabir mjernih točaka, vremena uzorkovanja kao i odgovarajući uređaji za izokinetičko uzorkovanje i gravimetrijsko određivanje mase krutih čestica. Također, prikupljanje podataka o otpadnom plinu (temperatura, tlak, vlažnost, brzina strujanja, volumen proteklog plina, sadržaj kisika i ugljik IV oksida) tijekom izvođenja uzorkovanja te njihova obrada omogućit će dobivanje rezultata koji se mogu uspoređivati i poslužiti za ocjenu stupnja onečišćenja.

Uzimajući u obzir sve spomenute zahtjeve razrađen je kompjutorski program "EMOKOL 2000" koji omogućuje obradu podataka i njihovu konačnu ocjenu. Program je primjenjiv kod nekontinuiranih mjerenja emisija onečišćujućih tvari iz energetske postrojenja (toplana, kotlovnica, spalionica itd.) i tehnoloških postrojenja koja imaju ugrađene odisne kanale za odvod prašine u atmosferu.

Isokinetic Sampling of Solid Particles - Principles, Measurement Methodology and Treatment of Results

Summary: Solid particles (soot) and other solid matter in exhaust gas from a variety of furnaces are some of the most essential atmospheric pollutants. The regulation on the limits of solid particle pollutant emission sets the values which should not be exceeded. If we are to obtain accurate results concerning the amount of solid particles emitted by a specific source, we need to adhere to the prescribed sampling methodology and treatment of data. Essential factors for success are correct selection of measuring points, sampling time and suitable equipment for sampling and gravimetric determination of solid particle mass. Furthermore, collected data on exhaust gas (temperature, pressure, humidity, velocity,

¹ mr. sc. Fudurić Jelača Mirjana, dipl.ing.kem.tehn., mr.sc. Indira Aurer Jezerčić, dipl.ing.kem.tehn., Zavod za istraživanje i razvoj sigurnosti, d.o.o., Zagreb

volume, oxygen and carbon 4 oxide) will give results that can be compared and used for assessment of pollution level.

In view of these requirements, the computer program "EMOKOL 2000" has been developed for data processing and their final assessment. The program is applicable to intermittent measurements of pollutant emissions from energy plants (boiler house, heating plant, incinerating plant, etc.) and plants with installed dust suction pipes for release of dust into the atmosphere.

Uvod

Jedni od većih izvora štetnih tvari u okoliš su uređaji za loženje, prvenstveno ložišta kotlovnica za dobivanje tople vode u sustavima grijanja i tehnološkim procesima, kao i za proizvodnju vodene pare.

Izgaranjem goriva u smjesi sa zrakom nastaju vrući plinovi čija se toplina koristi u procesu zagrijavanja vode. Nakon prijenosa topline vodi, vrući plinovi (sada otpadni plinovi), izlaze u atmosferu emitirajući neiskorištenu toplinu, krute čestice, CO, CO₂, SO₂, NO_x i dr.

Sastav otpadnog plina bit će različit za različite vrste goriva, uvjete pod kojima se zbiva proces sagorijevanja te primjenjenog sustava za pročišćavanje i odvođenje otpadnog plina^(L1).

S obzirom na količinu, poznato je da plin kao gorivo (prirodni plin, TNP) sadrži najmanje količine krutih čestica u otpadnom plinu. Kod sagorijevanja prirodnog plina čestice su veličine ispod 1mm. Povišena koncentracija krutih čestica u otpadnom plinu može se pojaviti kod nepovoljnog omjera zraka i goriva. U normalnim radnim uvjetima pri uporabi tekućih goriva, količina krutih čestica u otpadnom plinu prvenstveno ovisi o vrsti ulja tj. o količini pepela u ulju i potpunosti izgaranja. Spaljivanjem lakših ulja stvorit će se manje količine krutih čestica nego kod spaljivanja težih ulja. U slučaju nepotpunog izgaranja lakih ulja koja, u načelu sadrže manje količine pepela i sumpora, produkt izgaranja su karbonizirane čestice. Kod izgaranja teških ulja količina krutih čestica u otpadnom plinu ovisna je i o sadržaju sumpora u ulju. Kotlovi koji koriste kao gorivo otpadno drvo iz tehnoloških procesa emitirat će uz ostala onečišćenja i značajnu količinu krutih čestica. Sastav emitiranih onečišćenja ovisit će o podrijetlu drvenog otpada, konstrukciji ložišta i radnim uvjetima. Tako npr. kod proizvodnje celuloze drveni otpad je kora koja sadržava više od 70% vlage, pijeska i drugih nespaljivih komponenti. Rezultat toga je velika količina krutih čestica u dimnim plinovima. S druge, pak, strane u proizvodnji namještaja drveni otpad je čist i suh (2 do 20% vlage) pa je količina emitiranih čestica niska. Stupanj opterećenja kotla također utječe na količinu emisije čvrstih čestica. U osnovi je količina krutih čestica manja kod nižeg stupnja opterećenja kotla.

Metode određivanja emisije

U “Uredbi o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora” između ostalog navedene su i granične vrijednosti emisija (GVE) krutih čestica za različite izvore onečišćenja^(L2).

Prihvaćeno je nekoliko načina određivanja količine emisije iz izvora, a to su:

- određivanje iz materijalne bilance
- određivanje pomoću emisijskih faktora
- mjerenje

Materijalnom bilancom može se dobiti srednja procjena emisije za specifični izvor. Općenito, bilanca je pogodna u slučaju gdje se veliki postotak materijala gubi u atmosferu (npr. sumpor u gorivu ili otapala u nekontroliranom procesu lakiranja). Nasuprot tome, materijalna bilanca neće zadovoljiti u slučaju gdje se materijal troši ili kemijski spaja u procesu, ili su gubici u atmosferu mali s obzirom na ukupno ispuštanje. Za primjenu materijalne bilance potrebno je potpuno poznavanje ulaznih i izlaznih veličina.

Emisijski faktori općenito su razvijeni za prikazivanje srednjih emisija tijekom duljeg razdoblja i uobičajene radne uvjete. Kod potrebe za procjenom emisije u kratkom vremenu (npr. u svrhu regulacije i podešavanja), upotreba emisijskih faktora neće biti pogodna, jer se kod takvih slučajeva emisija značajno mijenja s vremenom kao posljedica promjena radnih uvjeta u procesu, sirovine, rada kontrolnih uređaja, vanjskih uvjeta i dr.

Ipak stvarni rezultati emisije koji će obuhvatiti utjecaj konstrukcijskih, procesnih i vanjskih uvjeta za pojedini izvor moguće je dobiti mjerenjima koja se izvode prema točno propisanim načelima. Jedan od postupaka mjerenja nalazi se u HRN ISO 9096:1997 odnosno VDI 2066, a navodi određivanje koncentracije i masenog protoka krutih čestica iz stacionarnih izvora emisije, gravimetrijskom metodom.

Metodologija uzorkovanja

Za prihvatljivost izmjerenih rezultata navedenom metodom bitan je ispravan odabir mjesta uzorkovanja, broja i rasporeda mjernih točaka, vremena uzorkovanja i ostvarivanje izokinetičkih uvjeta strujanja u uređaju za mjerenje. U najčešćim slučajevima mjerenje emisije iz kotlova obavlja se na dimovodnom kanalu (dimnjači). Mjesto samog uzorkovanja je u ravni konstantnog presjeka vertikalnog ravnog dijela dimnjače. Potpuno homogeno strujanje plina u točkama mjerenja postiže se ako je mjerna ravnina na ravnom dijelu dimnjače, najmanje duljine 7 hidrauličkih promjera^(L3,L4). Također se zahtijeva da mjerna površina bude udaljena najmanje 5 hidrauličkih promjera od samog kotla. U slučajevima gdje nije moguće zadovoljiti minimalne uvjete (postojanje koljena, mrežica, klapni, spoj dvaju kanala i prisutnost ventilatora) uzimaju se preporučene udaljenosti navodne u tablici 1.

Tablica 1. Minimalna duljina ravnog dijela od zapreke

zapreka	hidraulički dijametri
koljeno u kanalu	1
spoj dvaju kanala	1
djelomično zatvorene klapne	3
potisna strana ventilatora	4

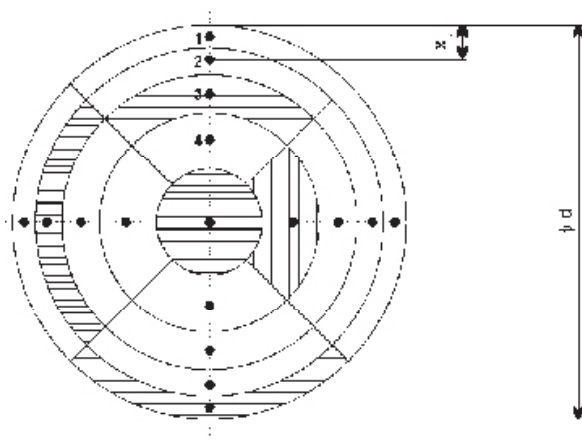
Minimalni broj mjernih točaka određen je dimenzijom površine mjerenja. Primjer za kružni presjek dan je u tablici 2.

Tablica 2. Minimalni broj mjernih točaka za kružni kanal

zapreka	hidraulički dijametri
koljeno u kanalu	1
spoj dvaju kanala	1
djelomično zatvorene klapne	3
potisna strana ventilatora	4

Jedan od mogućih rasporeda mjernih točaka kod kružnog kanala prikazan je na slici 1.

Mjerna ravnina podijeljena je na koncentrične prstenove. Točke su smještene u težištu prstenova na mjernim osima.

**Slika 1.** Raspored mjernih točaka kod kružnog kanala

Vrijeme uzorkovanja mora trajati toliko da se dobije minimalno potrebni volumen, čime se zapravo izbjegava utjecaj promjena u radnom procesu i skuplja dovoljna količina krutih čestica na filteru da bi se postigla zahtijevana točnost ove metode.

Tome prethodi određivanje temperature i diferencijalnog tlaka, odnosno brzine strujanja pomoću Pitotove cijevi^(L5,L6) u naznačenim mjernim točkama (protokol u tablici 3).^(L7)

Za provedbu izokinetičkog uzorkovanja u kanalu moraju postojati određeni uvjeti a to su:

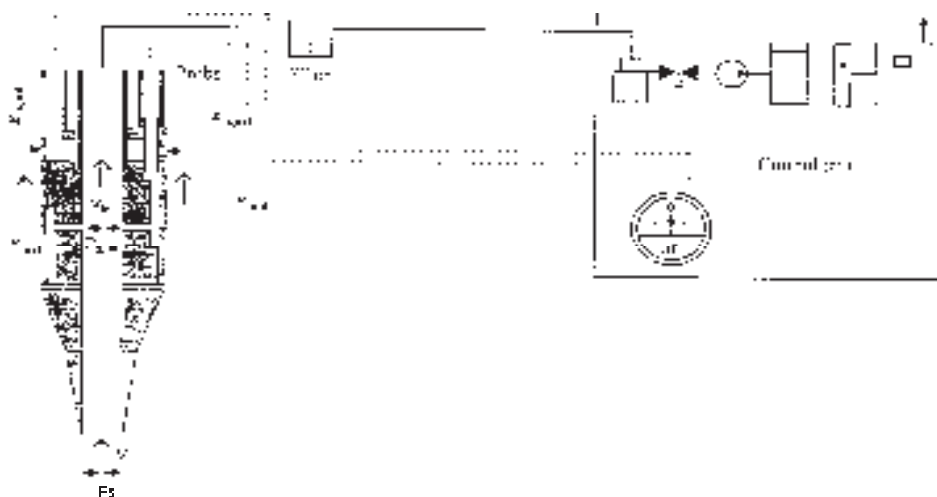
- kut između osi cijevi i strujnica plina mora biti $\angle 15^0$
- diferencijalni tlak mjeren Pitotovom cijevi $\geq 5 \text{ Pa}$
- omjer najveće prema najmanjoj brzini strujanja mora biti $\leq 3 : 1$
- razlika u temperaturi u bilo kojoj točki mora biti $\leq \pm 5\%$ od prosječno izmjerene temperature

Da bi se postigli isti uvjeti u uređaju za uzorkovanje s uvjetima u kanalu, uzorkovanje krutih čestica obavlja se izokinetički. Sonda za uzorkovanje s odgovarajućom sapnicom stavlja se otvorom sapnice u smjer strujanja plina. Izokinetičko uzorkovanje podrazumijeva izjednačavanje brzine unutar sapnice s brzinom izvan sapnice (u kanalu), a što se postiže izjednačavanjem dvaju statičkih tlakova na diferencijalnom manometru u dijelu uređaja koji se naziva kontrolnom jedinicom (slika 2). Pod takvim uvjetima izjednačena je brzina, izjednačeni su odgovarajući dinamički tlakovi i statički tlakovi na provrtu sapnice. Budući da brzina strujanja plina nije ista u svim točkama te se mijenja sa vremenom i trenutnim uvjetima u kanalu, u slučaju neizokinetičkog uzorkovanja dobivene vrijednosti neće predstavljati emisiju realnog sustava i ne mogu se uspoređivati sa GVE koje se temelje na podacima dobivenim točno propisanim načelima mjerenja.

Obrada podataka

Prikupljeni podaci tijekom mjerenja o otpadnom plinu; temperatura plina, tlak, vlažnost, brzina strujanja, volumen proteklog plina, sadržaj kisika i ugljik IV oksida tijekom uzorkovanja omogućuju izračun vrijednosti masene koncentracije krutih čestica (pri temperaturi 273 K i tlaku 101,3 kPa) u odnosu na zadani volumni udio kisika, odnosno izračun emitiranog masenog protoka na temelju koga se određuje učestalost mjerenja emisije na nekom objektu.

Kako bi se postupak obrade podataka mogao obaviti na zadovoljavajućoj razini, uzimajući u obzir sve prethodno navedene parametre i uvjete, tim stručnjaka tvrtke ZIRS d.d., napravio je kompjuterski program “EMOKOL 2000” za izračun količine emsije onečišćujućih tvari u okoliš iz stacionarnih izvora na osnovi podataka dobivenih mjerenjem. Primjenom postupaka iz programa postiže se konzistentnost jer se njime zahtijeva precizno definiranje pojedinih veličina, a na taj način se i umanjuje pogreška ispitivača i skraćuje se postupak izračuna. Program “EMOKOL 2000” u sebi sadrži i bazu GVE za pojedine izvore (uređaje za loženje) kao i druge konstante i varijable potrebne za obradu. Pogodan je za uporabu na terenu jer određuje broj i raspored mjernih točaka, a moguć je i unos podataka za vrijeme samoga mjerenja. Program također omogućava obradu podataka i za druge štetnosti u otpadnom plinu (CO, SO₂, NO_x, zacrtnjenje, dimni broj, toplinske gubitke i dr.). Kao ilustracija, u tablici 3 su prikazane stvarno



Slika 2. Načela izokinetičkog uzorkovanja krutih čestica

Tablica 3. Protokol za određivanje brzine strujanja iz stacionarnog ispusta

Proces:	Kotao ZIV T.A.M., tip ZV-450, Borki Kidrič, Maribor, tu br. 818, god. protz. 1980			Datum: 31.05.1999	
Uvjeti:	Tekuća goriva, snaga: 0,465 MW dimnik na rada: voblika i režim rada (automatski i na stupu)				
Radni red br.	1	ID broj MSK treva		980505	
Uzorak / red br.	1	Dopuštena pogreška %		1	
Br. mjerenih točaka	3	Izračunati broj Protokole cijevi		11	
Oblik ispusta	Kružni	Faktor korekcije		0,99	
Dimenzije - Promjer (mm)	450				
Površina (m ²)	0,1590	Protok cijevi (kg/s)		0,4	
Mjerna točka	Položaj točke (mm)	Brzina (m/s)		Temp. i dimenzije (°C)	
1x	51	0,80		115,00	
2xy	225	0,40		115,00	
3x	300	0,70		115,00	
4y	51	0,70		115,00	
3y	300	0,50		115,00	
Maksimalna brzina brzina (m/s)		1,5	Srednja brzina brzina (m/s)		0,54
Protok plinova (Nm ³ /h)		201,43			

prašine i količina vode u plinu kao i protok plina računaju se nakon što je mjerenje obavljeno. Za izokinetičko uzorkovanje krutih čestica korišten je uređaj STL Combi Dust Sampler, proizvođača METLAB miljö AB, koji je izrađen prema načelima norme ISO 9096.

Zaključak

Emisiju krutih čestica moguće je pratiti raznim postupcima. Ipak, poštujući normirana načela izbora mjernih točaka te izvođenjem izokinetičkog uzorkovanja dobivaju se stvarni rezultati emisije kojima su obuhvaćeni utjecaj konstrukcijskih, procesnih i vanjskih uvjeta za pojedini izvor. Da bi se primijenila metoda izokinetičkog uzorkovanja, moraju biti zadovoljeni određeni uvjeti u mjernom kanalu i mora se koristiti odgovarajući sustav uređaja za praćenje i ugađanje pojedinih parametara. Budući da se takovo mjerenje obavlja prema točno određenom postupku koji zahtijeva poznavanje niza raznih podataka, razvijen je program "EMOKOL 2000" za njihovo praćenje i konačnu obradu rezultata. Program u sebi sadrži bazu podataka GVE za pojedine izvore kao i druge veličine potrebne za obradu.

Literatura

- L1) Emission Factor Documents, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, AP-42, Volume 1, S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, January 1995., <http://www.epa.gov/ttn/chief/>
- L2) Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (N.N., br.140/97.)
- L3) ISO 9096, Stationary source emissions – Determination of concentration and mass flow rate of particulate material in gas-carrying ducts – Manual gravimetric method, 1992.
- L4) VDI 2066, Staubmessungen in strömenden Gasen Gravimetrische Bestimmung der Staubbeldung, 1975.
- L5) ISO 3966, Measurement of fluid flow in closed conduits – Velocity area method using Pitot static tubes, 1977.
- L6) ISO 10780, Stationary source emissions – Measurement of velocity and volume flowrate of gas streams in ducts, 1994.
- L7) STL Combi Dust Sampler, Operator's instruction, Version 1, Enköping, 1997. (Sweden)



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Hrabak-Tumpa G., Ivatek-Šahdan S., Sijerković M.¹

Elektroenergetski sustav, meteorološki čimbenici i zaštita okoliša

Sažetak: *Svjesni smo činjenice postupnoga višegodišnjeg zatopljenja našeg okoliša - vode, tla i zraka. To je najvjerojatnije posljedica ljudskih aktivnosti i njima prouzročenim onečišćenjem atmosfere, zbog čega se povećava staklenički učinak atmosferskih plinova. Znatan doprinos onečišćenju okoliša daje promet - specijalno kod emisije NO_x , industrijska energetska postrojenja - emisija CO_2 , kućna ložišta - posebno u slučajevima loženja s ugljenom ili lož-uljem, kao i energetska postrojenja.*

U radu se daje sveza meteoroloških čimbenika u odnosu na planiranje i rad elektroenergetskih objekata Hrvatske vezano uz zaštitu okoliša.

Electro-Energy System, Meteorological Facts and Air Pollution

Suumary: *We are conscious of progressive year by year warming up of our surroundings – water, soil and air. Most probably that is the result of human activities causing atmosphere pollution and in the next step a gaseous greenhouse effect.*

A considerable contribution to the surrounding pollution comes from traffic (emission of NO_x), energyplants (emission of CO_2), house furnaces (coal, oil) etc.

This article describes connection between meteorological facts and planning and usage of energy in Croatia with respect to the protection of surroundings.

1. Uvod

Pouzdana instrumentalna mjerenja temperature zraka na Zemlji postoje već punih 119 godina. U tome razdoblju protekla 1998. godina bila je najtoplija (DHMZ, 1999). Pritom je zrak bio topliji od prosjeka za 0,66 °C, površina mora za 0,51 °C, a tlo čak za 1,02 °C. Posebno treba istaknuti da je ta godina bila 20 uzastopna godina sa srednjom godišnjom globalnom temperaturom zraka višom od godišnjeg prosjeka. I u Hrvatskoj je 1998. godina bila toplinski karakteristična. Ljeto je bilo

¹ Gordana Hrabak-Tumpa, Stjepan Ivatek-Šahdan, Milan Sijerković, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

ekstremno toplo u zamalo cijeloj Hrvatskoj, a karakteristiku ekstremno tople godine imalo je područje otoka zapadno od crte Mali Lošinj-Zadar-Komiža (DHMZ, 1999).

Odnos prema okolišu ovisan je kako o poslovnim interesima tako i o civilizacijskim okolnostima. U slučaju da prevladaju interesi tada može doći do zanemarivanja zaštite okoliša i to prvenstveno zbog odabira jeftinije i zastarjele (često već i odbačene!) tehnologije. Upravo zato odluka o gradnji određenog objekta treba biti rezultat rada djelatnika iz područja ekologije, gospodarstva, prava i tehnike. Spomenimo pritom da je Hrvatska potpisnica 30 međunarodnih ugovora u kojima se tretira zaštita okoliša. Odgovorno upravljanje okolišem uvjetuje donošenje odluka koje moraju biti u svezi s procjenama postojećeg stanja i posljedicama budućeg rada novog objekta. Osnovni je zadatak izraditi stručne podloge o vrsti i namjeni objekta, njegovoj točnoj lokaciji i tehnološkim procesima o kojima ovisi emisija štetnih plinova i drugih tvari. Posebno treba paziti pri izgradnji rizičnog objekta kao što je odlagalište i spalionica otpada (specijalno za radioaktivan otpad), termoelektrana na čvrsto gorivo ili lož-ulje i raznih objekata teške industrije.

2. Meteorološki čimbenici i električna energija

Električna energija osnovni je preduvjet općeg napretka čovječanstva te se često naziva i vektorom održivog razvoja. **Opskrba energijom** preduvjet je gospodarskom razvitku i standardu stanovništva. Razvoj opskrbe ovisi o razvoju gospodarstva. Nepravodobna isporuka ili neopskrbljenost energijom uzrokuje veliku poremećenost proizvodnje i znatne materijalne gubitke. **Razvoj potrošnje** energije u svezi je s prostorom i vremenom. Uvjetovan je porastom broja stanovnika, razvojem znanosti, tehnologije, gospodarstva i boljeg standarda, te zemljopisnim položajem. Vremensko mijenjanje intenziteta ima za posljedicu oscilaciju potrošnje energije oko osnovnog trenda. U razdoblju od 1973. do 1996. godine svjetske energetske potrebe povećane su za 52 %.

Temeljni ciljevi elektroenergetske politike su: pokrivanje potreba energijom, sigurnost opskrbe potrošača energijom, minimalni troškovi proizvodnje, prijenosa i distribucije, usklađenost razvoja energetike s razvojem gospodarstva, unapređenje općeg gospodarstva i racionalna potrošnja te štednja energije. **Ekološka prihvatljivost** korištenja električne energije ima manjkavost kod njezine proizvodnje, jer nju prate: emisija štetnih plinova i tvari u zrak, tlo i vodu, kruti otpad, buka, mijenjanje okoliša. Problemi zaštite okoliša su složeni, međusobno povezani i uvjetovani. Negativni utjecaji mogu se smanjiti odabirom vrste tehnologije, uzimajući u obzir vrstu postrojenja i način proizvodnje.

Odlučujući kriteriji kod izbora goriva potrebnog za rad termoelektrane su: sigurnost opskrbe, raspoloživost zaliha, struktura gospodarstva, primjena najbolje tehnologije, energetska učinkovitost i cijena energije, koja mora sadržavati ekonomsko, energetske i ekološko opravdanje. Ekonomika se mora primijeniti kako kod proizvodnje i prijenosa tako i kod potrošnje.

Prva istraživanja mogućnosti smanjenja emisije iz termoelektrana Hrvatske rađena su već sedamdesetih godina (DHMZ, 1970., 1973.). Te se tada prelazi na korištenje niskosumpornog goriva u termoelektranama. Započinje izrada studija utjecaja i izgradnje dimnjaka toplana određenih visina (EL-TO i TE-TO Zagreb, TE Sisak) u svezi s efektivnom visinom dimnjaka i meteoroloških uvjeta. Prizemne koncentracije štetnih plinova ovise o proizvodnim tehnološkim parametrima i **meteorološkim čimbenicima** kao što su: vjetar pri tlu i na visini dimnjaka, temperatura i vlažnost zraka. Djelovanje vjetra je višeznačno. U vezi sa smjerom određuje se prostor u kojem treba očekivati povećane koncentracije određenih onečišćenja, a o brzini vjetra na visini izlaznih plinova ovisi efektivna visina dimnjaka ali i veličina provjetravanja. O visini prizemne inverzije temperature zraka ovisi vertikalno širenje čestica, a time i smanjenje onečišćenja. O turbulentnom miješanju zraka, kao rezultata brzine vjetra i stupnja stabilnosti atmosfere, ovisi difuzija dimnih plinova iz industrijskih dimnjaka. U svezi kriterija stabilnosti, difuzija plinova je zanemarivo malena kod najstabilnije stratifikacije, a izrazito velika kod konvektivne nestabilnosti. Istovremeno su, za proces difuzije, temperatura i vlaga zraka meteorološki čimbenici od sekundarnog značaja.

Prema Deklaraciji o zaštiti okoliša Hrvatske elektroprivrede (HEP, Vjesnik br. 88. i 91/92., 1998.) poslovni je cilj Hrvatske elektroprivrede osiguranje pouzdane opskrbe potrošača električnom energijom uz prihvatljivu cijenu i to u skladu sa zaštitom okoliša. U svezi s tim smjernicama emisija SO_2 iz HEP-ovih objekata smanjena je 1997. godine na približno 50 %-tni iznos iz 1990. godine (od 68.000 tona na 34.000 tona). Istovremeno su smanjene i emisije NO_x (od 8.900 tona na 7.700 tona) i CO_2 (od 3.700.000 tona na 3.300.000 tona).

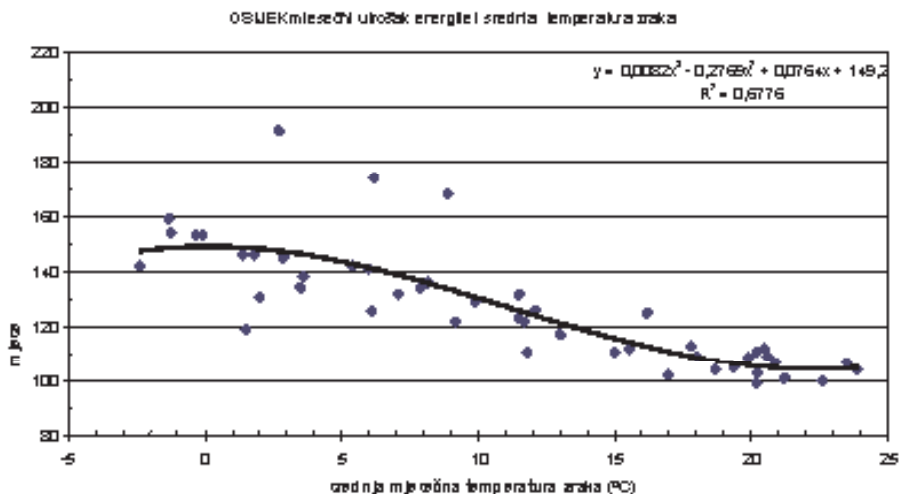
Zahtjev samog HEP-a je da se normativ emisije SO_2 pooštiri na samo 400 mg/m^3 što predstavlja vrlo strogi uvjet. Sumporni dioksid i dušikovi spojevi povećavaju kako lokalno tako i regionalno onečišćenje u vidu kiselih kiša, kao i stvaranjem čestica koje negativno utječu na zdravlje čovjeka i životinja.

2.1. Temperaturne prilike i potrošnja električne energije

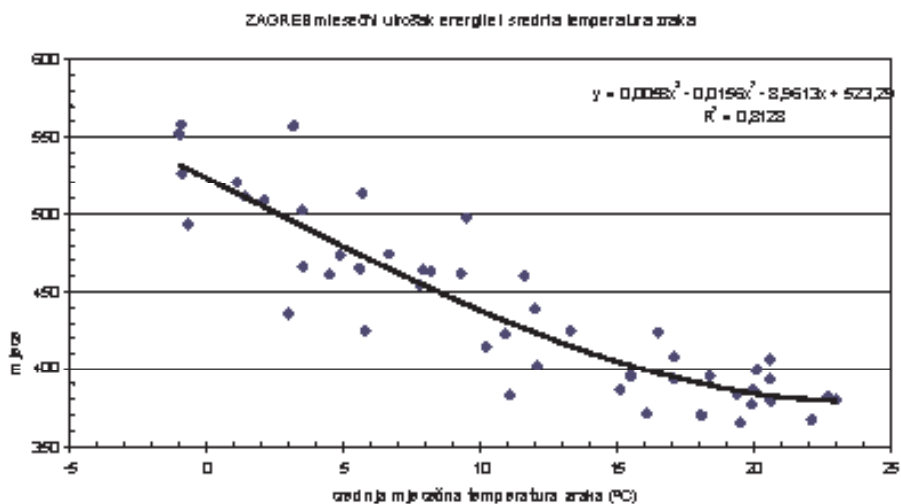
Potrošnja električne energije u kućanstvu, za grijanje prostora, ovisi o stanju atmosfere, i to prvenstveno o temperaturnom režimu. Potreba za energijom u industriji nije u svezi s vremenskim stanjem. Upravo stoga potrebno je poznavanje kako prosječnog stanja – **klime**, tako i prognoze vremenskog stanja.

Analiza je rađena za četiri glavne regije kojih su predstavnici: Osijek, Zagreb, Opatija i Split, i to za razdoblje 1994-1997. godine.

Proučavane su srednje te maksimalne i minimalne mjesečne temperature zraka i potrošnja električne energije. Dobra korelacija dobivena je za odnos između srednje dnevne temperature zraka i vršnog opterećenja, a najbolja korelacija je dobivena za mjesečni utrošak električne energije i pripadne srednje mjesečne temperature zraka (sl. 1.1.-1.4.).



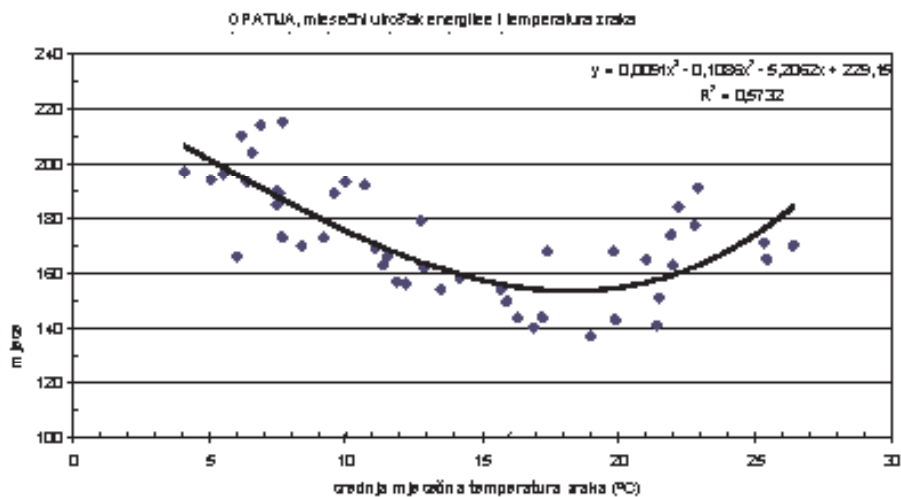
Slika 1.1. Odnos mjesečne potrošnje električne energije i srednje mjesečne temperature zraka u Osijeku



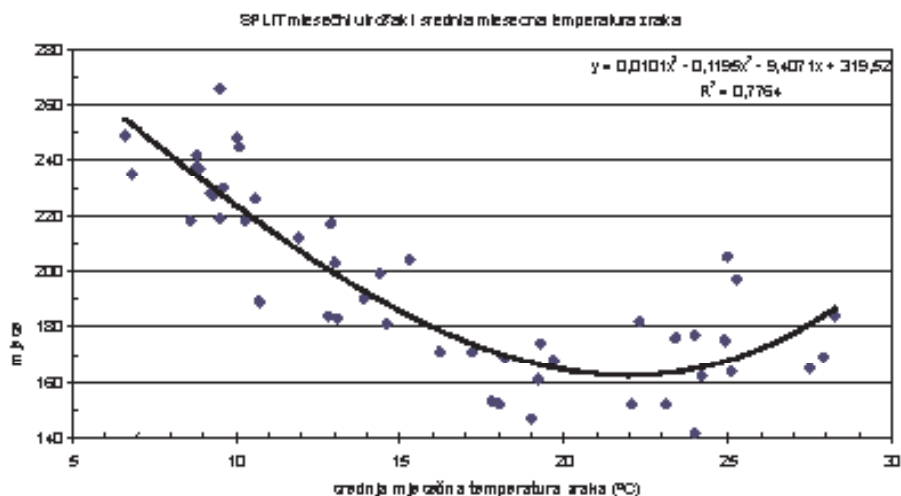
Slika 1.2. Odnos mjesečne potrošnje električne energije i srednje mjesečne temperature zraka u Zagrebu

Najbolja korelacija je za zagrebačko područje (sl. 1.2.) gdje se čak 90 % podataka može prikazati polinomom trećeg stupnja. Općenito je niža temperatura povezana s većom potrošnjom energije. To upozorava na pretežitu potrošnju energije u kućanstvima u odnosu na potrošnju u industriji.

Za područje Jadrana (Split i Opatija) dobivene su relacije također trećeg stupnja, ali one imaju oblik parabole okrenute prema gore (sl. 1.3. i 1.4.). To znači da je porast potrošnje električne energije određen kako padom tako i porastom temperature zraka (rashladni uređaji).



Slika 1.3. Odnos mjesečne potrošnje električne energije i srednje mjesečne temperature zraka u Opatiji



Slika 1.4. Odnos mjesečne potrošnje električne energije i srednje mjesečne temperature zraka u Splitu

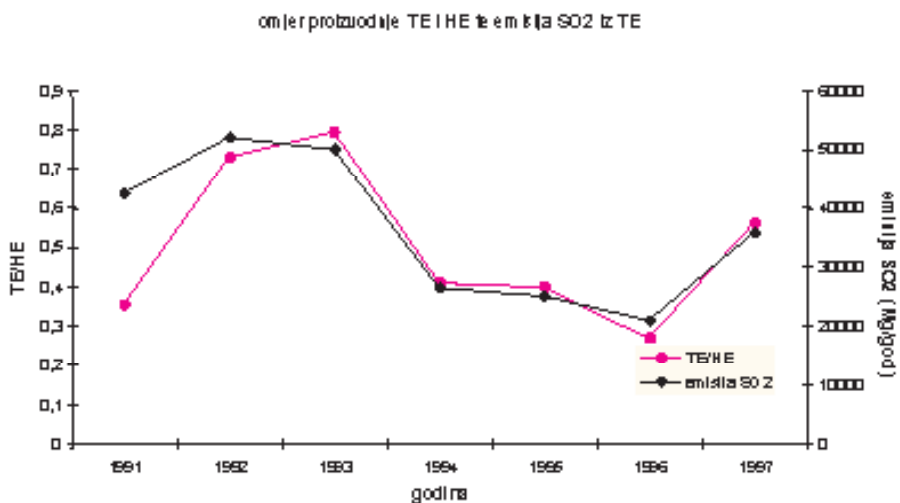
Najniži utrošak energije ovisi o području a vezan je uz srednju mjesečnu temperaturu zraka od 19 do 22°C.

2.2. Oborinske prilike i proizvodnja električne energije

Oborina, u svezi prostorno-vremenske razdiobe, najvažniji je ulazni čimbenik izračuna bilance voda i optimalnog korištenja pojedinih akumulacija hidroelektrana kako stanja tako i prognoze vremena.

Električna energija proizvedena u hidroelektranama, upotrebljava se kako za potrebe kućanstva tako i za potrebe u industriji.

Energetski sektor uzrok je 97,99 % emisije SO_2 . Količina emisije SO_2 iz termoelektrana Hrvatske prikazana je na slici 2.1. Na slici se također nalaze i omjeri godišnje proizvodnje električne energije iz termoelektrana u odnosu na proizvodnju iz hidroelektrana Hrvatske za razdoblje 1991-1997. Može se uočiti da povećanje proizvodnje električne energije iz hidroelektrana ima kao rezultat smanjenje godišnje količine emisije SO_2 .



Slika 2.1. Omjer proizvedene električne energije iz termoelektrana i hidroelektrana i godišnjakoličina emisije SO_2 iz termoelektrana Hrvatske.

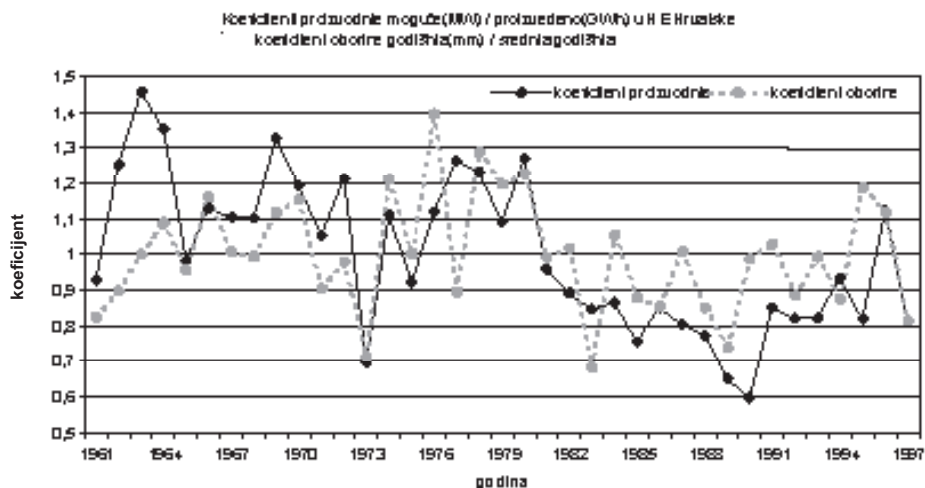
Proizvodnja hidroelektrana ovisna je o količini oborine, odnosno o tzv. "hidrološkoj godini".

Osnovni pokazatelji iskoristivosti hidroelektrana su snaga i energija vode. Instalirana snaga ovisi o potražnji energije, odnosno o mogućnosti veličine akumulacije. Ulazni projektni meteorološki parametri hidroelektrane su: oborinski režim u svezi količine oborine i njezine prostorne i vremenske raspodjele, količina isparavanja (kao dio gubitka vode) te temperaturni režim. Srednja komponenta vodne bilance pokazuje koliko je, u prosjeku, količina oborine veća od evapotranspiracije. Od viška oborinskih voda nastaju zalihe u tlu i to prvenstveno tijekom jeseni. Određivanje retencije dobiva se iz očekivane maksimalne količine

oborine unutar određenog povratnog razdoblja.

Ukupni godišnji vodni potencijal Hrvatske procjenjuje se na 20 TWh. Do sada je iskorištena oko 1/3 vrijednosti potencijala u ukupno 20 hidroelektrana (od kojih je sedam malih hidroelektrana).

Analiza utjecaja oborinskih prilika na proizvodnju električne energije u hidroelektranama Hrvatske prikazana je na slici 2.2.



Slika 2.2. Godišnja proizvodnja električne energije iz HE Hrvatske i godišnja količina oborine

Obzirom da u čitavom promatranom razdoblju (1961-1997.) nije bila jednaka mogućnost proizvodnje električne energije, to je za svaku godinu određen koeficijent proizvodnje u odnosu na prosjek omjera godišnje proizvedene energije i raspoložive snage u hidroelektranama Hrvatske. Koeficijent oborine je također omjer godišnje količine oborine u odnosu na srednjak promatranog razdoblja (1961-1997.).

Može se ustanoviti da postoje godine u kojima je potencijalna energija akumulacija veoma dobro iskorištena (npr. 1965., 1966., 1973., 1980., 1981., 1986. i 1994. godine), ali i da postoje godine u kojima je vodni potencijal znatno podcijenjen (u razdoblju od 1987. do 1993. te 1995. godine).

3. Zaključak

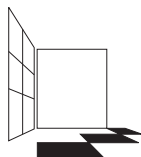
Raščlamba meteoroloških čimbenika u svezi s proizvodnjom i potrošnjom električne energije ukazuje na njihovu veoma dobru korelacijsku vezu. Kratkoročne i dugoročne prognoze vremenskih stanja mogu znatno doprinijeti optimalnom iskorištavanju prirodnih resursa i rada elektroenergetskog sustava Hrvatske.

Sve naznačeno upozorava na to da je održivi razvoj ostvariv samo ako svi subjekti zajedno surađuju. Posebno treba imati na umu da postoji ograničenost svih resursa na Zemlji: hrane, vode, zraka, sirovina, minerala, svih oblika energije.

Raspoloživim znanjem, materijalnim dobrima i uvažavanjem zakonske regulative može se uspostaviti ravnoteža između ljudskih potreba i želja za što čistijim okolišem.

Literatura

1. DHMZ, grupa autora, 1970: Studija meteoroloških uvjeta za lokaciju NTE na području Zagreba i Siska. Zagreb
2. DHMZ, grupa autora, 1973: Studija najvjerojatnijeg rasprostiranja SO_2 iz dimnjaka TE Sisak. Zagreb.
3. DHMZ, grupa autora, 1999: Prikazi br. 8. Praćenje i ocjena klime u 1998. godini. Zagreb, 42.
4. DHMZ, 1961-1997: Meteorološki podaci. Zagreb
5. HEP d.d., Vjesnik. Zagreb, brojevi: 62-100., 1996-1999.
6. Hrabak-Tumpa G., M. Mileta, V. Šojat, D. Borovečki, 1996: Mineralne sirovine, meteorološki čimbenici i okoliš, Eksploatacija mineralnih sirovina. Varaždin, 365-376.
7. Hrabak-Tumpa G., B. Gelo, 1997: Meteorološki čimbenici, zagađenje zraka i dalekovodna mreža Hrvatske. Zaštita zraka 1997, Crikvenica, 459-466.
8. Hrabak-Tumpa, G., I. Vuković, S. Ivatek-Šahdan, 1999: Klimatski čimbenici kao podloga projektiranja HE Podsused, II konferencija o vodama Hrvatske vode od Jadrana do Dunava, Dubrovnik, 842-852.
9. Mileta M., G. Hrabak-Tumpa, V. Šojat, 1996: Vremenske prilike i onečišćenje zraka na riječkom području tijekom zime 1996/97. Zaštita zraka 1997, Crikvenica, 479-485.
10. Ministarstvo gospodarstva, 1993-1998: Energija u Hrvatskoj : godišnji energetski pregled za 1988.-1992., 1989.-1993., 1991.-1995., 1993.-1997. Zagreb.
11. Udovičić B., 1998: Razvitak i energetika. Zagreb, 1-70.
12. Šojat, V., S., Vidič, G., Hrabak-Tumpa, D., Borovečki, 1996: Acid precipitation in Kvarner region, Zbornik radova sa Međunarodnog kongresa Energija i zaštita okoliša, Opatija, 23.-25. listopada 1996, 471-478.
13. Vuković I., G. Hrabak-Tumpa, S. Ivatek-Šahdan, 1999: Oborinske prilike i proizvodnja električne energije u hidroelektranama Dalmacije. II konferencija o vodama Hrvatske vode od Jadrana do Dunava, Dubrovnik, 859-864.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Purišević S.¹, Velispahić Š.¹

Babić D.², Pašalić G.², Đorđević R.²

Sustav za praćenje imisija i emisija u TE Kakanj, BiH

Sažetak: U termoelektrani TE Kakanj uspostavljen je, sredinom 1998. g. , sustav za praćenje emisija i imisija u zrak. Sustav se sastoji od četiri cjeline:

- Automatsko praćenje emisija u dimnjaku 100 m
- Automatsko praćenje emisija u dimnjaku 300 m
- Automatska mjerna stanica u gradu Kakanju
- Centralni sustav za obradu podataka

U radu je prikazan dosadašnji rad sustava, prikupljanje, obrada i prikaz podataka te daljnje razvijanje takovog sustava na regionalnom nivou.

Summary: In the middle of the year 1998 "Air monitoring system" in TE Kakanj was installed. System includes

- Automatic emission stock measurement – 100 m
- Automatic emission stock measurement – 300 m
- Ambient air automatic station in Kakanj
- Central data acquisition system

This paper shows technical characteristic of the system, data acquisition with data history mattering.

Also Air monitoring system development on the regional level will be provide.

Uvod

Donacijom USAID-a ostvaren je projekt "Environmental Monitoring System" (sustav za praćenje zaštite okoline- zrak, meteo i voda) TE Kakanj. Koordinator svih aktivnosti bila je kompanija PARSONS- Delaware, a Dvokut ECRO, Zagreb dobio je posao uspostave podsustava za praćenje kakvoće zraka – Air Pollution Subsystem, koji pušten u rad u srpnju 1998.godine

1 Salih Purišević, Šahbaz Velispahić, TE Kakanj, Kakanj, BiH

2 Davor Babić, Goran Pašalić, Ratko Đorđević, Dvokut ECRO, Zagreb

Sustav za praćenje kakvoće zraka sastoji se od dviju postaja za praćenje emisija u samoj TE Kakanj i jedne postaje u gradu Kaknju za praćenje emisija.



Slika 1. TE Kakanj pogled sa sjevera

Sustav za praćenje emisija postavljen je na dva radna dimnjaka TE Kakanj visine 100 i 300 m te omogućuje slijedeće:

- Kontinuirano uzorkovanje i analizu dimnih plinova (uređaj HORIBA ENDA 680)
- Kontinuirano mjerenje količine krutih čestica (uređaj DURAG DR 280-10)
- Kontinuirano mjerenje količine protoka dimnih plinova (uređaj SKI SDF)

Sve su sonde putem signalnih kablova povezane sa procesnim jedinicama smještenim u kontejneru u podnožju dimnjaka. Na tom se mjestu obrađuju svi podaci i putem optičkog kabela svi se podaci prenose u centralni sustav za prikupljanje i obradu podataka.

Postaja za praćenje emisija u gradu Kaknju, ima zadatak da mjeri kakvoću zraka, kao posljedicu emisija prisutnih zagađivača (TE Kakanj i Tvornica cementa), a u svom sklopu ima i meteorološku stanicu za praćenje meteoroloških parametara. Omogućeno je automatsko praćenje:

- CO , SO_2 , NO_x i količine lebdećih čestica
- Kompletnih meteoroloških parametara

Meteorološka postaja na Brdu Turbići omogućava praćenje meteoroloških parametara viših strujanja zračnih masa.

Podaci se automatski obrađuju i šalju putem telefonske veze direktno u podsustav za prikupljanje i obradu podataka. Podsustav također ima funkciju detaljne obrade podataka o stanju kakvoće zraka i vode za potrebe regulacije energetske procesa sagorijevanja.

Takav sustav monitoringa koji je postavljen kao zaokružen tehnološki proces kontrole i regulacije onečišćenja zraka i vode, spada u tehnološko – tehničkom smislu najmodernije sustave, koji se sada, u skladu zakonskih propisa, instaliraju u Europi, SAD i Kanadi.

Prvi rezultati rada sustava ukazuju da tehnološki proces TE Kakanj značajno zagađuje okoliš. U cilju smanjenja emisija štetnih tvari u okoliš, provodi se investiciono ulaganje u novi elektrostatički filter bloka V, što će značajno smanjiti emisiju štetnih tvari u zrak.

Mjerni instrumenti

Oprema za mjerenje koncentracije dimnih plinova

Proizvođač ove opreme je Horiba, Japan, jedna od najvećih svjetskih tvrtki na tom području, a instalirane su slijedeće jedinice:

1. Procesna jedinica za mjerenje emisija ENDA-680 (postavljena u oba dimnjaka) koja analizira istovremeno CO, CO₂, NO_x, O₂ i SO₂.

Tablica 1. Sastav ENDE 680

TIPIČNE KOMPONENTE EMISIONIH STANICA NA DIMNJAKU 100M I 300M			
STAVKA	OPIS	SPECIFIKACIJA	KOL.
SEM-1	Analizator NO _x	Kemiluminiscencijska metoda Automatska kalibracija Preciznost: +/- 1% Linearnost: +/- 2% pune skale nulta/max vrijednost (24h) <2% pune skale Vrijeme odgovora: <90 s	2
SEM-2	Analizator SO ₂	UV Fluorescentna metoda Automatska kalibracija Preciznost: +/- 1% Linearnost: +/- 2% pune skale nulta/max vrijednost (24h) <2% pune skale Vrijeme odgovora: <90 s	2
SEM-3	Analizator CO ₂	Infracrvena spektrometrija ili plinska kromatografija Automatska kalibracija Preciznost: +/- 1% Linearnost: +/- 2% pune skale nulta/max vrijednost (24h) <2% pune skale Vrijeme odgovora: <90 s	2
SEM-4	Analizator CO	Infracrvena spektrometrija ili plinska kromatografija Automatska kalibracija Preciznost: +/- 1% Linearnost: +/- 2% pune skale nulta/max vrijednost (24h) <2% pune skale Vrijeme odgovora: <90 s	2
SEM-5	Partikularni analizator	Neprozirne/prijenosne metode Automatska kalibracija Preciznost: +/- 1% Linearnost: +/- 2% pune skale nulta/max vrijednost (24h) <2% pune skale Vrijeme odgovora: <90 s	2
SEM-6	Mjerač protoka tekućeg plina	Spektralni odgovor 400-700 Nm Ultrasonična metoda Raspon cjelovanja m/s: 0-50 Preciznost, m/s: 0.1 Vrijeme odgovora: <90 s nulta/max vrijednost (24h) <2% pune skale	2
SEM-7	Temperaturna sonda	Raspon cjelovanja, °C: 0-200 Preciznost, °C: 1	2
SEM-8	Sonda za vlagu		2
SEM-9	Sonda za tlak		2
SEM-10	Data logger	RS-232 izlaz	2
SEM-11	Kabel i veze		2
SEM-12	Opskrba strujom	220 VAC, 12 VDC V/baterijska pozadina/zaštita od udara	2
SEM-13	Softver		1

2. Procesna jedinica za mjerenje imisija sastoji se iz analizatora:

- APSA-360 SO₂ analizator
- APNA-360 NO_x analizator
- APNA-360 CO monitor
- SMA-370 Data Logger
- Kalibracioni uređaj

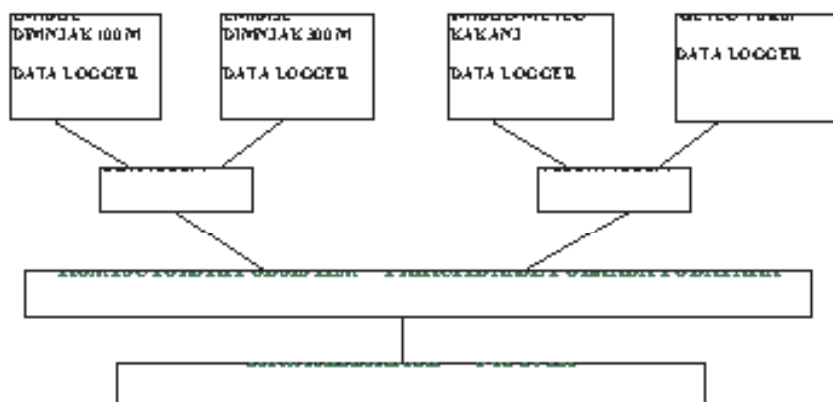
Tablica 2. Sastav imisione stanice

KOMPONENTE IMISIJA I METEOROLOŠKOG PODSISTEMA			
STAVKA	OPIS	SPECIFIKACIJA	KOL.
MMS-1	Vjetromjer (brzina vjetro)	Krug djelovanja, m/s: 0-6C Osjetljivost: 0.1 m/s	2
MMS-2	Vjetrenica (smjer vjetro)	Djelovanje: 0-360° Osjetljivost: 0.5 m/s i 10° kutna rezolucija: 5°	2
MMS-3	Temperatura zraka	Osjetljivost: 0.1 °C Vrijeme odgovora: 20 s	2
MMS-4	Relativna vlaga	Krug djelovanja: 5-100 % Osjetljivost: 1% Vrijeme odgovora: 30 s	2
MMS-5	Barometar (tlak zraka)	Krug djelovanja: 600-1,060 mb Osjetljivost: 0.1 mb	2
MMS-6	Ukupno sunčevo zračenje	Krug djelovanja: 0-2,000 W/m ² Spektar: 200-2,500 micro m Osjetljivost: 0.02 mW/m ² Vrijeme odgovora: 30 s	2
MMS-7	Količina oborina (snijeg/kiša)	Osjetljivost: 0.25 mm/kap	1
AQS-8	Analizator NO _x	v. tabelu 3.3.	1
AQS-9	Analizator SO ₂	v. tabelu 3.3.	1
AQS-10	Analizator CO	v. tabelu 3.3.	1
AQS-11	Uređaj za lebdjeće čestice	v. tabelu 3.3.	1
AQS-12	Kontejner za opremu		1
AQS-13	Telefonski modem		1
AQS-14	Softver		1

3. Procesna jedinica "Sustav za prikupljanje i obradu podataka"

- Ugrađen je softver Horiba-DAS-7, koji omogućava integralnu analizu svih parametara u sistemu za mjerenje emisija, imisija i meteoroloških parametara. Tako je struktuiran da zadovolji sve zakonom određene propise i standarde.

U tom sklopu tabelarno i dijagramski daje sva izvješća, detaljne analize pojedinih dijelova, funkcionalne veze i ima elemente GIS sistema (sistem za prostorno grupiranje i niveliranje podataka).



Slika 2. Shematski prikaz podsustava za prikupljanje i obradu podataka

Tablica 3. Primjer dnevnog izvještaja

Daily averages from 1998.10.14							
Station	Component	Minimum	Average	Maximum	Elapsed Time	Unit	Number
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.14.10.15	g/m³	10.100
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.14.10.15	g/m³	10.100
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.14.10.15	g/m³	10.100
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.14.10.15	g/m³	10.100

Daily averages from 1998.10.15							
Station	Component	Minimum	Average	Maximum	Elapsed Time	Unit	Number
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.15.10.15	g/m³	10.100
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.15.10.15	g/m³	10.100
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.15.10.15	g/m³	10.100
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.15.10.15	g/m³	10.100

Daily averages from 1998.10.16							
Station	Component	Minimum	Average	Maximum	Elapsed Time	Unit	Number
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.16.10.16	g/m³	10.100
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.16.10.16	g/m³	10.100
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.16.10.16	g/m³	10.100
Station 100m 100	PM10	100	110	120	1000.10.16.10.16	g/m³	10.100

Uređaj za mjerenje krutih čestica u protoku dimnih plinova u dimnjaku – proizvođač DURAG, Njemačka



Uređaj D.R. 280-10 kontinuirano mjeri protok krutih čestica bez uzimanja uzoraka. Radi na principu foto ćelija (primač i davaoc svjetla), te gubitka jačine svjetla uslijed protoka krutih čestica. Sve je digitalizirano tako da se podaci odmah analiziraju i prenose dalje. Ugrađen je mikroprocesor i pripadajući softver.

Uređaj za mjerenje protoka dimnih plinova – proizvođač SKI, Njemačka

Uređaj SDF mjerac podataka radi na principu Pitoove cijevi, odnosno mjerenju



diferencijalnog tlaka između dvije točke. Osnovna mu je karakteristika mogućnost mjerenja kod velikih promjera dimnjaka. Dodatno je ugrađen sustav za automatsko ispiranje sonde pomoću komprimiranog zraka i to zbog visokih koncentracija krutih čestica (preko 5 g/m^3).

Meteorološki uređaji

Uređaji su standardnog tipa montirani na stupu od 10 m i u kontejneru, te omogućuju mjerenje slijedećih komponenti: brzina i smjer vjetra, tlak, rel. vlaga i temperaturu zraka, količine oborina. - proizvođač je Kroneiss, Austrija.

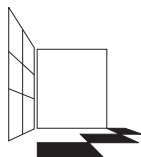
Zaključak

Postavljeni sustav za praćenje kakvoće zraka i vode u TE Kakanj je nakon TE Tuzla drugi sustav za praćenje stanja u okolišu instaliran u Federaciji BiH te su to ustvari pionirski sustavi za praćenje stanja u okolišu i jezgra budućeg sustava postaja predviđenih za Federaciju Bosne i Hercegovine.

Važno je napomenuti da lokalna samouprava temeljem izvješća o stanju okoliša, koje im redovito dostavlja TE Kakanj obračunava tzv. ekološku rentu koju su dužni platiti zbog onečišćenja okoliša.

Literatura

- 1.ZEPS 98 .Design for environment conference proceedings, Zenica, listopad 1998.
- 2.USAID - Environmental Monitoring System at TPP Kakanj, BiH, Sarajevo, 1997.
- 3.Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, (1996), Narodne novine br.101/1996
- 4.Uredba o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora (1997), Narodne novine br. 140/1997
- 5.PHARE, LIVE PROGRAM, Revitalisation of air quality management data acquisition system in Bosnia and Herzegovina, Sarajevo 1999, January



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Habuš, Z¹.

Emisije mirisa mora

Sažetak: Godine 1997. Predsjednik Nacionalnog zdravstvenog vijeća RH dao je inicijativu da se odredi kemijski sastav mirisa zraka raslinja priobalnog područja Jadrana, te miris mora koji je prisutan u priobalnim naseljima kao imisija.

Studije godinama ukazuju da je broj osoba oboljelih na dišnim organima u stanovnika na jadranskoj obali znatno manji nego u stanovnika kopnenog dijela Hrvatske.

Postoji također višestoljetna liječnička praksa da se određenim grupama bolesnika sa kontinentalnog dijela Europe preporučava boravak na moru te udisanje morskog zraka. 1998. godine razrađena je i usvojena metoda uzorkovanja, te su 1999. uzeti uzorci atmosfere iznad mora, a analize su urađene metodom GC/MS.

Utvrđeno je da atmosfera morskog zraka Jadranskog mora u području Nina sadrži 11 različitih organskih spojeva od kojih nabrajamo neke;

- LIMONEN C10.H16. CAS NR 138-86-3
- DIMETIL ESTER HEKSANDIONSKE KIS. C8.H14.O4 CAS NR 627-93-0
- DEKANOIČNA KIS., 8-METIL, METIL EST. C12.H24.O2 CAS NR 5129-64-6
- 12-OKTADIONSKA KIS., METIL ESTER C19.H36.O2 CAS NR 56554-46-2

Ovi spojevi nastaju kao karakteristični nusprodukti metabolizma i/ili fermentacije pojedinih sojeva fitoplanktona, zooplanktona i algi iz mora.

Autor sugerira da su procesi u moru slični onima koji se odvijaju pod strogo kontroliranim uvjetima biosinteze, prilikom kojih se oslobađaju hlapivi organski spojevi, nositelji određenih mirisa. Osnovu za takav zaključak autor nalazi u izvršenim analizama emisija stranih mirisa u okoliš koje je uradio tijekom 1998. i 1999. godine.

Pretraživanjem baza podataka NIOSH TIC USA u konzultiranih 175.000 separata i CIS ILO (Ženeva) nije nađen rad koji bi omogućio komparaciju sa sličnim istraživanjem mirisa mora, dakle radi se o temi koja može biti interesantna za znanost, zdravstvo, turizam te kozmetičku i farmaceutsku industriju.

Uvod

Problem emisija stranih i neugodnih mirisa iz prehrambene i farmaceutske industrije sa svim posljedicama ugrožavanja kvalitete života i zdravlja, treba razlikovati od problema ugodnog mirisa raslinja i mora.

¹ Habuš, Z., ANT - laboratorij za analitiku i toksikologiju, Zagreb

Mjerenjima emisija iz farmaceutske industrije Hrvatske nađeno je da pri fermentaciji žitarica čista kultura **Streptomyces rimosus oslobađa karakterističan miris po plijesnima (1)** čiji je sastav **BORNEOL**, mol.formula **C12.H18.O** CAS Nr **464-45-9**.

Prilikom biosinteze uz primjenu čiste kulture **Pseudomonas fluorescens** na žitaricama, razvijaju se **intenzivni mirisi po fekalijama (2)** gdje taj miris ne pripisujemo hlapivim derivatima masnih alkohola, nego pažnju poklanjamo otkrivenim derivatima grupe organofosforinih spojeva i to:

CAS 563-04-2 Fosforna kiselina, tris (3-metilfenil) ester, i

CAS 1330-78-5 Fosforna kiselina, tris (metilfenil) ester

To je bila osnova da se temeljem iskustva i provjerene metode uzorkovanja i analize pristupi analizama emisija mirisa mora, očekujući nalaz organskih kemijskih spojeva kao nositelja mirisa.

Postoje široko prihvaćena laička tumačenja kako sol i jod hlape iz mora , i tumačenje da povoljne zdravstvene učinke imaju pojedini ili kombinacija aerosola tih soli.

Miris mora čini koktel otkrivenih 11 hlapivih organskih kemijskih spojeva, koje najveći difuzni izvor emisija organskih spojeva na svijetu, površina mora, emitira u okoliš i priobalni pojas.

Otkriveni organski spojevi vjerojatno su nositelji povoljnog zdravstvenog učinka kod osoba koje boluju na dišnim organima.

Zajednički nazivnik za sve mirise nalazimo u kemijskom sastavu, jer u osnovi svi mirisi imaju molekule čija je građa najčešće iz kombinacije atoma C, H, O a molekule neugodnih mirisa sadrže N, S i P.

Također, dok je problem stranih, upozoravajućih ili neugodnih mirisa vezan uz fermentaciju ili procese razgradnje biološke mase pod utjecajem najčešće patogenih mikroorganizama, dotle je porijeklo ugodnih mirisa vezano za život i najčešće za metabolitičke procese i fotosintezu.

Fermentacija u najplemenitijem obliku te problem plinova, poglavito CO₂, koji pri vrenju šećera u grožđu ubija vinogradare svake jeseni, lijepo je opisan u jednom od sjajnih izdanja Leipziške tiskare iz 1782. godine (12).

Carter (7) daje temeljitu analizu svih plinova i para hlapivih organskih spojeva koji nastaju pri fermentaciji i proizvodnji alkoholnih pića .

Williams (5) opisuje smrt osoba zbog fermentacije u skladištu kakaovca.

I dok uobičajeni procesi fermentacije oslobađaju pretežito CO₂ koji ubija gušenjem zbog odsustva bilo kakvog stranog upozoravajućeg mirisa u neadekvatno ventiliranim prostorima, te procese ne smatramo opasnim za okoliš.

Strane i gadne mirise emitiraju najčešće procesi razgradnje u kojima sudjeluju patogeni mikroorganizmi.

Tijekom evolucije čovjek je opstao zahvaljujući osjetu mirisa koji upozorava na prisutnost patogenih mikroorganizama u proteinima ili žitaricama a da koncentracije upozoravajućeg organskog spoja koji je nosioc mirisa iznosi često ispod 0,000000001 ppm ili isto toliko miligrama u 1 m³ atmosfere (15). Dakle prisutnost

pojedinih raspadnih produkata koji su hlapivi kemijski organski spojevi osjetilom mirisa detektira se u nevjerojatno niskim koncentracijama, daleko ispod praga osjetljivosti bilo koje instrumentalne analitičke metode.

Da bi te "mirise" mogli analizirati potrebno je izvršiti adsorpciju velikih volumena atmosfere na pouzdani adsorbens te daljom ekstrakcijom i koncentracijom učiniti analizu mogućom.

Kad se proces fermentacije kontrolirano vodi uz primjenu uvjetno rečeno patogenih mikroorganizmima, konačni produkt može biti plemeniti antibiotik, ali taj proces signiran je neugodnim i upozoravajućim mirisima.

Ugodni mirisi uglavnom su pratilci života, cvjetanja, oplođivanja, vabljenja, i ne treba se čuditi što miris mora ne izaziva gađenje nego ugodu.

Uostalom, prije pola milijarde godina naši su preci krenuli iz mora na svoj put evolucije.

Metode uzorkovanja i analiza

Za uzorkovanje atmosfere iznad mora srednjeg Jadrana (Ninski akvatorij u ožujku 1999. Godine) korišten je adsorbens proizveden prema preporuci Nacionalnog instituta za zaštitu i zdravlje USA (NIOSH) tipa "organic" sa dva sloja.

Uzorkovan je zrak tijekom 6 sata ranog jutra uz protok 1,5 litra/min. pri temperaturi 16 °C relativnoj vlažnosti 38% i mirnom vremenu bez vjetera.

Obrada uzorka

Adsorbens je eluiran s 10 ml metanola. Metanol je uparen u struji dušika pri sobnoj temperaturi na volumen od 1 ml. Eluat je ekstrahiran sa 2 ml n-heksana na automatskoj tresilici kroz tri minute. Heksanski sloj je odvojen i pri sobnoj temperaturi uparen na 1 ml. Heksanski ekstrakt je analiziran plinskom kromatografijom uz spektrometar masa kao detektor.

GC/MS analiza

GC/MS analiza svih uzoraka provedena je na kapilarnoj koloni od taljenog silicijeva dioksida duljine 30 m i unutarnjeg promjera 0,25 mm, s nepolarnom stacionarnom fazom SPB-5 debljine filma 0,25 mikrometra. Tijekom analize kolona je zagrijavana po slijedećem programu; 40 °C (1 minuta izotermno), zatim 5 °C/min do 200 °C i 10 °C/min do 280 °C (kod 280 °C 20 minuta izotermno).

Plin nositelj bio je helij. Uzorci su injektirani pomoću SPI injektora "on column" koji je programirano zagrijavan od 40 °C do 300 °C brzinom 200 °C/min.

Dobiveni rezultati analiza iz biblioteke spektara masa provjeravani su u bazi podataka Nacionalnog instituta za zaštitu i zdravlje u Registru toksičnih efekata 313.000 kemijskih substanci RTECS (13) te u 175.000 separata Toksikološkog informativnog centra NIOSH TIC (14).

Autor naglašava da temeljem ograničenih istraživanja ovog pilot-projekta nije moguće izvesti apsolutno siguran zaključak i poziva da se znanstvenici koji eventualno posjeduju dodatne informacije uključe u znanstvenu raspravu o ovoj temi i obavijeste autora o do sada utvrđenim novim činjenicama u vezi analitike mirisa mora.

Rezultati analiza

Pik br. 1;

/1/ CAS 138-86-3 limonen /C10.H16/

Food and Chemical Toxicology Vol.12,703,1974; RTECS OS8100000

ili

/1/ CAS 0-00-0 (-)-Z-.beta.-santalil acetat /C17.H26.O2 /

Pik br. 2;

/2/ CAS 541-02-6 ciklopentasiloksan, dekametil- /C10.H30.O5.Si5/

RTECS GY5945200, NIOSHTIC 144634 Food and Chemical Toxicology Vol 26, 255,1988, Isqith,A.:Decomposition products Bacterial cultures

Pik br. 3;

/3/ CAS 23616-67-3 acetamid,N-(2-fenil-1H-pyrololo/2,3-b/piridin-3-il

/C15.H13.N3.O/

Pik br. 4;

/4/ CAS 627-93-0 heksandionska kiselina, dimetil ester /C8.H14.O4 /

Journal of Pharmateutical Sciences Vol 62,1596,1973; RTECSAV1645000

Witten,T.A.;GC/MS Determination of Urinary Profiles and Metabolites;

Clinical Chemistry, Vol 19,963,1973; NIOSHTIC Nr 39010

Pik br. 5;

/5/ CAS 22029-76-1 3-buten-2-ol, 4-(2,6,6-trimetil-1-cikloheksen-1-il)-

/C13.H22.O/

Pik br. 6;

/6/ CAS 1879-09-0 6-terc-butil-2,4-dimetil fenol /C12.H18.O /

Journal of American Pharmaceutical Association Vol 38,366,1949

RTECS ZE6825000

Pik br. 7a;

/7a/ CAS 75332-28-4 2-cikloheksen-1-on, 2,4,4.5-tetrametil-3-(3-oxo-1-buten)

/C14.H20.O2 /

Pik br. 7b;

/7b/ CAS 27185-78-0 2-cikloheksen-1-on, 3-(3-hidroksi-1-butenil)-2,4,4-trimetil)

/C13.H20.O2 /

Pik br. 8;

/8/ CAS 0-00-0 etilenglikol-n-butilboronat /C6.H13.B.O2 /

Pik br. 9;

/9/ CAS 5152-64-6 dekanoična kiselina, 8-metil-,metil ester /C12.H24.O2 /

Pik br. 10;

/10/ CAS 56554-46-2 12-oktadekanoična kiselina, metil ester /C19.H36.O2 /

Zaključak

Grupa od najmanje 11 hlapivih organskih spojeva čini miris mora.

Pošto nam iskustvo i literatura sugerira da svaki mikroorganizam u biološkim procesima otpušta karakterističan miris koji pretežno sadrži jedan kemijski spoj uz tragove ostalih, to zaključujemo da je tijekom ožujka 1999. u akvatoriju grada Nina pretežiti broj aktivnih vrsta algi te fito i zooplanktona bio oko 10. Analize broja i vrsta jednostaničnih morskih organizama i njihovih kolonija nisu urađene.

Prije početka uzorkovanja atmosfere iznad mora nismo posjedovali nikakvu informaciju koja bi ukazivala da će naše analize mirisa mora polučiti bilo kakav rezultat.

Testirana je i opisana uspješno odabrana metoda uzorkovanja, adsorbens, volumen uzorkovane atmosfere, te postupak ekstrakcije i analize uzorka morskog zraka učinjene 1999.god.

Treba naglasiti da smo testirali i neke druge adsorbense i metode uzorkovanja 1977. godine uz druge volumene uzorkovanja atmosfere morskog zraka, ali ti pokušaji uzorkovanja i testiranja adsorbensima nisu dali nikakav rezultat analize.

Pretraženo je 175.000 separata u biblioteci Nacionalnog instituta za zaštitu i zdravlje (NIOSH USA) i više desetaka separata biblioteke CIS ILO Ženeva na CD, ali nije nađen niti jedan referat koji bi dao naznaku da je neki autor analizirao organske spojeve u atmosferi iznad morskih površina.

Nađeno je preko 1000 separata koji spominju analize vezane uz procese fermentacije i biološke razgradnje. Većina se odnosi na proučavanje mikrobioloških kolonija i vrsta te utjecaj pojedinih kemikalija u podlozi na vrste. U cca 100 separata spominju se i produkti fermentacije, plinovi i organski kemijski hlapivi spojevi, pretežito CO₂ i alkoholi.

Zbog navedenog zaključujemo da je otkriće 11 organskih kemijskih spojeva koji čine koktel onoga što zovemo "miris mora" interesantan za dalja istraživanja.

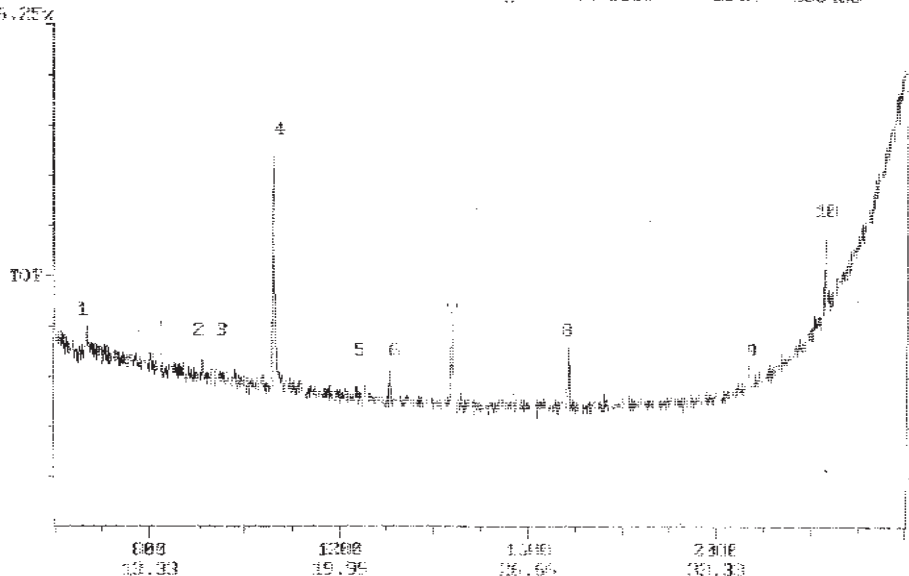
Na osnovi malog broja uzoraka ne treba donositio definitivni zaključak, pogotovo zato što očekujemo da se aktivnost organizama koji čine faunu i floru mora, mijenja u tijeku godine, pa će doći do određenih promjena u deklariranom sastavu mirisa mora te broja kemijskih spojeva.

Nedvojbeno je, da su neki od otkrivenih kemijskih spojeva poznati farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji, ali dometi njihove upotrebe nisu nam poznati.

Poznata činjenica, da morski zrak utječe na liječenje dišnih puteva oboljelih osoba dobiva svoju dopunu u činjenici da morski zrak ima miris, a taj potječe od smjese 11 organskih kemijskih spojeva.

U RTECS (registru toksičnih efekata kemijskih substanci) nađeno je da je toksičnost tih 11 otkrivenih spojeva mala, a dio otkrivenih spojeva opisan je u časopisima i znanstvenoj literaturi koju koristi farmaceutska industrija.

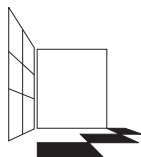
Chromatogram Plot C:\SA\DATA\DATA\MUPIROCINA Date: 09/12/99 11:47:13
 Comment: NOVA KOLOHA SPBS
 Scan: 000 Seq: 1 Group: 0 Retention: 9.150 RID: 7175 Masses: 40-346
 Plotted: 600 to 2400 Range: 1 to 3660 100% = 303455



Literatura;

1. Habuš, Z.; Analize emisija stranih mirisa iz pogona za biosintezu OTC postupkom u fermentorima i primjenom čiste kulture *Streptomyces Rimosus* Zagreb, 1998 (neobjavljeno)
2. Habuš, Z.; Analize emisija stranih mirisa iz pogona za biosintezu Mupirocina postupkom u fermentorima i primjenom čiste kulture *Pseudomonas Fluorescens*, Zagreb, 1999. (neobjavljeno)
3. Carlson, J.; Simplified Gas Chromatographic Procedure for Identification of Bacterial Metabolic Products, *Applied Microbiology*, Vol. 25, No. 2, pages 287 - 289, 1973.
4. Faith, W.L.; Odor Control in Cattle Feed Yards, *Journal of the Air Pollution Control Association*, Vol. 14, No. 11, pages 459 - 460, 1964.
5. Williams, N.; Cocoa Beans: An Unloading Hazard for Longshoremen *Journal of Occupational Medicine*, Vol. 15, No. 8, pag. 642-646, 1973.
6. Johnson, W.C.; Experiences in Controlling Atmospheric Pollution Encountered in Pharmaceutical Manufacturing Processes *Journal of the Air Pollution Control Association*, Vol. 9, No. 1, p.32-41, 1959
7. Carter, R.V.; Gaseous Emissions from Whiskey Fermentation Units, *Atmospheric Environment*, Vol. 8, No. 1, p. 57-62, 1974.

8. Cajka, N.A.; *Aspergillus niger* fermentation- Occupational Mycotic Allergy, *Gigiena truda i profesionalne zabojevanija*, Vol. 16, No. 3, p.32-35,1972.
9. Sheehy, J.W.; *Control Technology Assessment of Enzyme Fermentation Process*, Division of Physical Sciences and Engineering, NIOSH, Cincinnati, Ohio, Report No. CT-116-166, 1986.
10. Martinez, K.F.; *Control Technology for Fermentation Processes*, Division of Physical Sciences and Engineering, NIOSH, Cincinnati, Ohio, Report No. CT-116-16a, 1984.
11. Witten, T.A. ; *GC/MS Determination of Metabolites*, *Clinical Chemistry*, Vol. 19, No. 9, pages 963-966, 1973.
12. Heinssius, Johan Samuel; *Wunder der Natur*, (Mephitische Gasse), Leipzig 1782.
13. *Registry of Toxic Effects Chemical Substances*, NIOSH, USA, baze podataka na CD (1991.god)
14. NIOSH TIC USA i CIS ILO, baze podataka na CD (1991.god.)
15. Buttery, R.G., *Identifikation of Offensive Odor Compounds From Potato Processing Plant Waste Effluent Irrigation Fields*, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol.27, No. 3, pages 646-647, 1979.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Bilić, V.¹, Habrun, B.¹, Barač I.², Humski, A.¹

Prisutnost bakterija u zraku nastambi za svinje i okolišu

Sažetak: Programirani volumen zraka iz biozone nastambi te neposrednom okolišu farme svinja, standardnim je sakupljačem zraka (MAS-100-Merck) direktno usmjeren na površine bakterioloških podloga (Petri ploče standardnog promjera 90 mm). U 48 pretraženih uzoraka zraka iz nastanjenih objekata ustanovljen je prosječan broj bakterija od 2.59×10^5 CFU/m³ (u rasponu od 8.46×10^4 do 5.30×10^5). U svim su uzorcima (100%) dominantno bili prisutni potencijalno patogeni bakterijski uzročnici a u manjem broju uzoraka (od 33% do 66%) izdvojene su primarno patogene bakterije. Mjerenjima u praznim nastambama, nakon iseljenja životinja (16 uzoraka), ustanovljene su kontaminacije zraka bakterijama od 1.8×10^3 CFU/m³ (nakon grubog mehaničkog pranja) do 0.8×10^2 CFU/m³ (nakon završne dezinfekcije). Kontrolna mjerenja na različitim lokacijama i udaljenostima od objekata (32 uzorka) ukazala su na prisutnost apatogenih bakterija u zraku od 1.55×10^2 do 3.70×10^2 CFU/m³. Rezultati, prvih istraživanja tog tipa provedenih u nas, ukazuju da su neznatne emisije potencijalno patogenih bakterijskih uzročnika putem aerosola iz nastambi u neposredni okoliš na farmi svinja.

Ključne riječi: Bakterije u zraku, okoliš, nastambe za svinje.

Distribution of airborne bacteria in the swine housing and farm surroundings

Summary: In addition to the control of noxious gas, humidity and dust particle concentration in animal housing, determination of total bacterial air contamination is of utmost importance. The possible environmental emissions, especially of the potentially or primarily pathogenic bacteria, should be paid due attention. Results of the initial studies of bacterial air contamination of animal housing and immediate surroundings, carried out at the swine farm, are presented. A pre-programmed air volume was directly impacted onto the agar surface (90 mm Petri dishes) using a standard air sampler (MAS-100, Merck). Forty-eight housing air samples tested yielded a mean bacterial farm air contamination of 2.59×10^5 (range 8.46×10^4 - 5.30×10^5) CFU/m³. *Streptococcus spp.*, *Micrococcus spp.*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus suis* predominated in all air samples. The pathogenic agents of *Pasteurella multocida* (66%), *Actinobacillus suis* (50%), hemolytic strains of *E. coli* (41%), and *Pasteurella haemolytica*, *Bordetella bronchiseptica* and *Actinobacillus pleuropneumoniae* (33%) were isolated in a lower proportion of samples. Results of the study indicated

1 Bilić, V., Habrun, B., Humski, A., Hrvatski veterinarski institut, Zagreb

2 Barač, I., Farma svinja, Dubravica

that the presence of potentially pathogenic bacteria could be accurately determined by use of air sampler and highly selective media.

The measurements performed in empty housings, before animal accommodation (16 samples), showed a mean air contamination from 1.80×10^3 to 0.80×10^2 CFU/m³ with Streptococcus spp., Staphylococcus spp. and E.coli.

Control measurements outside the housing (32 samples) indicated a air contamination from 1.55×10^2 to 3.70×10^2 CFU/m³, with the presence of potentially pathogenic bacteria Bacillus spp., E.coli, Streptococcus spp., Micrococcus spp. and Staphylococcus spp. Study results pointed to a negligible emission of the potentially pathogenic bacteria via aerosol from swine housing into the immediate environment.

Key words: airborne bacteria, environment, swine housing.

Uvod

Respiratorne afekcije najznačajniji su zdravstveni problemi u uzgojima svinja diljem svijeta. Kontrola bolesti, u intenzivno napučenim i zatvorenim nastambama sa mehaničkom ventilacijom, veoma je zahtjevna i uključuje provjere kvalitete zraka kao značajnog pogodovnog čimbenika u širenju respiratornih infekcija putem aerosola (2, 3, 8). Stoga je, pored kontrole emisije štetnih plinova, vlage, temperature, strujanja zraka, čestica prašine, od posebnog značaja i istraživanje ukupne bakterijske kontaminacije (CFU/m³) a naročito prisutnost potencijalno i primarno patogenih bakterija (4, 6, 12, 13). Potrebno je naglasiti, da unatoč sve savremenijim uređajima za monitoring, danas još uvijek nisu određene granične vrijednosti bakteriološke kontaminacije zraka kao što je to slučaj sa koncentracijom štetnih plinova NH₃ i CO₂ (2, 3, 12). Program rada Međunarodne udruge za animalnu higijenu među temeljna istraživanja u slijedećem mileniju uvrstio je poboljšanje uvjeta u kojima se drže životinje (sophysticated housing) što uključuje i kvalitetu zraka te bitno smanjenje i sprečavanje mogućih emisija u okoliš. Ova rasprava je dio tog programa i u njoj su prikazani rezultati istraživanja prisutnosti bakterija u zraku nastambi i okoliša provedenih na jednoj farmi sa populacijom od 1.500 krmača i godišnjom proizvodnjom do 30.000 tovljenika. Na farmi površine cca 13 hektara, sa 22 objekta, mješaonicom stočne hrane i dvije lagune sa separatorom za obradu gnojevke, obitava stalno do 17.000 životinja svih dobnih kategorija. Najbliže stambeno naselje, poljoprivrednog tipa, udaljeno je od farme prosječno 1.000 metara. Krajem 1998. i početkom 1999. godine značajna pojava dišnih afekcija u svinja uslovia je sveobuhvatne analize postojećih uvjeta na farmi pa tako i kontrole bakteriološke kontaminacije zraka. U sklopu ovih ispitivanja izvršene su istovremeno i kontrole mogućih emisija na različitim lokacijama unutar farme i različitim udaljenostima od samih objekata.

Cilj ovih istraživanja bio je ispitati podobnost sakupljača zraka i visoko selektivnih podloga za izdvajanje iz zraka bakterija patogenih za dišni trakt životinja u nastambama za intenzivni uzgoj ali i moguće emisije uzročnika u neposredni okoliš.

Materijal i metode

Prosječne vrijednosti rezultata tri uzorka zraka, uzetih u biozoni sa dijametralno različitih lokacija nastambi napučenih standardnim brojem životinja prema tehnološkim normativima, činila su prosječnu vrijednost za svaki objekt. Uzorci zraka u neposrednom okolišu uzimani su na udaljenostima od 4.0 m, 7.5 m, 12.5 m, 50.0 m, 100 m i 500 m od objekata. Uzorkovanje je vršeno sakupljačem zraka MAS-100 System Merck standardiziranim prema EC normama (1, 11). Uređaj omogućava programirani volumen zraka (od 1 do 1.000 litara) usmjeriti direktno na površinu bakterioloških podloga (Petri ploče standardnog promjera od 90 mm). Čestice zraka prolaze kroz 360 otvora te udaraju na površinu podloga prosječnom brzinom od 11m/sec što odgovara stupnju 5 sakupljača zraka po Andersen-u (11). Brzina garantira sakupljanje svih čestica > od 1 milimikron. Ovisno o vrsti selektivne podloge volumen zraka programiran je u vrijednostima od 2, 5, 10, 100 i 200 litara. Za određivanje ukupnog broja te vrste pojedinih bakterija korištene su različite selektivne podloge: "Blood agar base", "Plate count agar", "Chromocult coliform agar", "Chromocult Enterococci agar", "Violet red bile agar", "Xylose lysine deoxycholate agar" i "Rambach agar" (10). Nakon uzorkovanja sve podloge inkubirane su 24-48 sati pri 37° C kada je određen broj jedinica tvorbe kolonija (CFU). Proračun dobivenih rezultata vršen je prema tablici proizvođača sakupljača zraka. Naime kod većeg broja kolonija uzima se u obzir posebna matematička jednadžba koja korigira moguće udaranje većeg broja čestica/bakterija na isto mjesto površine podloge (11).

Rezultati i diskusija

Svi postignuti rezultati istraživanja prikazani su u tablicama.

Tablica 1. Učestalost izdvajanja (%) i ukupan broj bakterijskih uzročnika (CFU/m³) u uzorcima zraka iz nastanjenih objekata (Prosjeak farme, N=48)

Bakterijski uzročnik	% izdvajanja	CFU/m ³ x 10 ⁵
<i>Streptococcus D+</i> *	100	0.840
<i>Micrococcus spp.</i> *	100	0.740
<i>Escherichia coli</i> *	100	0.260
<i>Staphylococcus aureus</i> **	100	0.180
<i>Streptococcus suis</i> **	100	0.130
<i>Pasteurella multocida</i> **	66,6	0.060
<i>Actinobacillus suis</i> **	50,0	0.008
<i>Escherichia coli haemolytica</i> **	41,6	0.045
<i>Pasteurella haemolytica</i> **	33,3	0.006
<i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i> **	33,3	0.011
<i>Bordetella bronchiseptica</i> **	33,3	0.009
Ukupno		2.59

* Potencijalno patogene bakterije ** Primarno patogene bakterije

Iz prikaza u tablici 1 vidljivo je da su vrste bakterija, *Streptococcus D+*, *Micrococcus* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* i *Streptococcus suis*, ustanovljene su u svim ispitanim uzorcima zraka (100%) uzetim u objektima za uzgoj svinja. Dobiveni rezultati podudarni su sličnim istraživanjima objavljenim u dostupnoj stručnoj literaturi (3, 7, 8, 12). Sa nešto nižim učešćem izdvajanja ustanovljeni su *Pasteurella multocida* (66% uzoraka), *Actinobacillus suis* (50% uzoraka), hemolitična *Escherichia coli* (41%) a *Pasteurella haemolytica*, *Actinobacillus pleuropneumoniae* i *Bordetella bronchiseptica* u 33% uzoraka zraka.

Iz prikaza je također vidljivo je da je srednji broj bakterija u zraku objekata napučenim svinjama na farmi iznosio 2.5×10^5 CFU/m³. Ovi rezultati podudarni su sa dosadašnjim istraživanjima u svijetu (2, 3, 7, 8, 12). U najvećem broju izdvojene su potencijalno patogene bakterije, *Streptococcus D+*, *Micrococcus* spp., i *Escherichia coli* 8.4×10^4 , 7.4×10^4 i 2.6×10^4 CFU/m³. Učešće primarno patogenih bakterija iznosilo je od 6.0×10^2 do 1.8×10^4 CFU/m³.

Nakon iseljenja životinja iz objekata (8 uzoraka) i mehaničkog pranja ustanovljeno je prosječno 1.8×10^3 CFU/m³, a nakon završne dezinfekcije i prije useljenja novog turnusa životinja (8 uzoraka) prosječno 0.8×10^2 CFU/m³ potencijalno patogenih uzročnika (*Streptococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Escherichia coli* i *Bacillus* spp.).

Tablica 2. Učestalost izdvajanja (%) i ukupan broj bakterijskih uzročnika (CFU/m³) u uzorcima zraka iz neposrednog okoliša farme (N=32)

Bakterijski uzročnik	%	CFU/m ³ x 10 ²				
		1'	2'	3'	4'	5'
<i>Streptococcus D+</i> *	100	0.70	1.65	0.80	1.00	0.60
<i>Micrococcus</i> spp. *	100	0.25	0.55	0.50	0.50	0.70
<i>Escherichia coli</i> *	100	0.10	1.10	0.90	0.70	0.30
<i>Bacillus</i> spp. *	100	0.15	0.40	0.30	0.45	0.30
<i>Staph. aureus</i> **	56.2	0.35	0	0.10	0	0.70
Ukupno	1.55	3.70	2.65	2.65	2.60	

* Potencijalno patogene bakterije ** Primarno patogene bakterije

1'=5m od lagune, 2'=7,5m između objekata, 3'=14m od objekata, 4'=50m od objekta, 5'=500m od objekata farme/50m od mješavice hrane

Iz prikaza u tablici 2 vidljivo je da su potencijalno patogeni bakterijski uzročnici *Streptococcus* spp., *Micrococcus* spp., *Escherichia coli* i *Bacillus* spp., izdvojeni u svim ispitanim uzorcima (32) a primarno patogeni uzročnik *Staphylococcus aureus* u 56.2% (18) uzoraka.

Ukupna koncentracija bakterija u zraku u neposrednom okolišu farme (uzorci od 1' do 4') iznosila je od 1.55×10^2 do 3.70×10^2 CFU/m³. Interesantno je napomenuti da su najviše vrijednosti ustanovljene na poziciji 2' tj. na udaljenosti 7.5 m između objekata tovišta. Smatramo da od značaja za rezultat nije

toliko bitna udaljenost koliko velika površina otvorenih prozora za prirodnu izmjenu zraka. Isto tako značajno je napomenuti da je na poziciji 5', koja je bila najudaljenija od objekata za držanje svinja, ustanovljen gotovo podjednaki broj bakterija u zraku kao i na ostalim pozicijama ali uz najviši broj primarno patogene vrste *Staphylococcus aureus*. Kako je mješavina hrane udaljena svega 50-tak metara, moguće je, da su tehnologija pripreme hrane ali i skladištenje različitih poljoprivrednih i animalnih sirovina utjecali na dobiveni rezultat. U svakom će slučaju u budućim istraživanjima ovoj lokaciji trebati posvetiti povećanu pozornost.

U odnosu na vrijednosti ustanovljene u objektima napučenim svinjama, u neposrednom je okolišu ustanovljen daleko manji broj bakterija u zraku koji je uobičajen za vrijednosti zraka u ostalim "otvorenim" prirodnim prostorima (5). Ovi su rezultati sukladni sa najnovijim istraživanjima provedenim u svijetu (9). U konačnim procjenama treba biti oprezan kada se uspoređuju dobivene vrijednosti koje bi mogle ovisiti o vrsti životinja na farmama kojima je podređena tehnologija mehaničke odnosno prirodne izmjene zraka.

Zaključci

Rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju da se primjenom standardnog sakupljača zraka te izborom različitih, visoko selektivnih podloga, može dokazati i prisutnost patogenih bakterija u slučajevima akutnih epizootija respiratornih bolesti svinja.

Unatoč sve savremenijim uređajima za potrebni monitoring bioaerosola, danas još uvijek nisu određene granice dopustive kontaminacije mikroorganizmima kao što je to slučaj s koncentracijom plinova (NH_3 ili CO_2). Seriozna istraživanja uz korištenje sve kvalitetnijih i selektivnijih podloga te savremenih uređaja za uzimanje uzoraka zraka omogućiti će u budućnosti bolje sagledavanje ovog problema i donošenje potrebnih standarda u cijelom kompleksu intenzivnog uzgoja životinja. Izdvajanje iz zraka pojedinih, primarno patogenih, uzročnika može se dovesti u korelaciju sa manifestacijama i učešćem bolesti dišnog sustava svinja. Rezultati, prvih istraživanja tog tipa provedenih u nas, ukazuju također da su neznatne emisije potencijalno patogenih bakterijskih uzročnika putem aerosola iz nastambi u neposredni okoliš farme svinja.

Literatura

1. Anon (1992): Guide to Good Manufacturing practice for medicinal products. The rules Governing Medicinal Products in The European Community Vol. IV.
2. Baekbo, P. (1990): Air quality in Danish pig herds. Proceedings of the 11 th IPVS Congress, Lausanne, Switzerland, July 1-5, 1990, p. 395.
3. Baekbo P. (1998): Effects of noxious gases, dust and microorganisms on the incidence and severity of respiratory diseases in pigs. Proceedings 15 th IPVS Congress, Birmingham, England, 5-9 July 1998., 135-142.

4. Bilić, V., B. Habrun, I. Barač, A. Humski (1999): Detection of airborne bacteria in swine housing. 11th "in between" Symposium of the international society for animal hygiene: "Environmental protection and animal welfare". Postojna, Slovenia, 22nd-25th april 1999. Proceedings of abstracts, p. 35.
5. Bilić, V. (1999): Monitoring bakterijskih infekcija svinja. Znanstveno stručni skup: "Zdravstvena zaštita svinja". Zagreb, 6. svibnja 1999. Javno predavanje.
6. Gillespie, J.H. and J.F. Timoney (1992): Hagan and Bruner's Microbiology and Infectious Disease of Domestic Animals. Eighth edition, 1988, published by Cornell University Press. Second printing 1992.
7. Hartung, J. (1994): Die gesundheitliche Bedeutung partikelförmiger Luftverunreinigungen im Stall und in der Stallumgebung. 3. Slovenski simpozij s področja higijene okolja, dezinfekcije, dizinsekcije in deratizacije. Čateške toplice 28.-29.11.1994. Zbornik radova 69-81.
8. Hartung, J. (1994): The effect of airborne particulates on livestock health and production. Cab international, UK. Pollution in livestock production systems, p.55-69.
9. Hartung, J. (1999): Distribution of bioaerosols in the vicinity of duck farm. 11th "in between" Symposium of the international society for animal hygiene: "Environmental protection and animal welfare". Postojna, Slovenia, 22nd-25th april 1999. Proceedings of abstracts, p. 33.
10. MERCK (1997): Microbiology Manual. MERCK KGaA, Darmstadt, Germany.
11. MERCK (1998): MAS-100 System. Microbiological air sampler. Operator's manual. MERCK KGaA, Darmstadt, Germany.
12. Nicks, B., P. Dechamps, B. Canart, S. Buzitu, A. Dewaele (1990): Concentration of ammonia, carbon dioxide and bacteria in breeding pig houses. Proceedings of the 11th IPVS Congress, Lausanne, Switzerland, July 1-5, 1990, p. 390.
13. Stärk, K.D.C., J. Frey, J. Nicolet, B. Thür, R.S. Morris (1998): Assessment of aerosol transmission in the epidemiology of infectious diseases in swine using air sampling and polymerase chain reaction assays. Proceedings 15th IPVS Congress, Birmingham, England, 5-9 July 1998., 252.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Dobeic M.¹

Pravni red na području presoje vplivov na okolje v R Sloveniji – nekateri primeri presojevanja emisij neugodnih vonjav

Sažetak: *Aktuelna problematika u smislu zagađivanja zraka, tla, vode i druge okoline iz različitih emitenata kao industrije, vodnog gospodarstva, poljoprivrede, energetike i iskorištavanja rudnih bogastava, veza i saobraćaja, kemijske industrije, hrane i pića, odlaganja otpadaka i čišćenja, navode na brigu u vezi posijega u okolinu, za koje je presuđivanje upliva na okolinu nužno potrebno. Uredba o obaveznim presuđivanjima utjecaja na okolinu dolučuje stupanj zagađenosti, kada je kod utjecaja na okolinu potrebno ustanovljati prijemčljivost sa vidika svih postujećih i mogućih opterećenja okoline i predvidljivih posljedica za okolinu.*

Obradeni su neki primjeri mjerenja emisija neugodnih mirisa iz zoološkog vrta, peradarskih staja, kuhinja, pržarnice kave i livarne, ovrijednoteni i procijenjeni u smislu opterećivanja okoline.

Legislation Order on the Field of Estimating Influences on Environment in R Slovenia – Some Examples of Odour Emissions Estimations

Summary: *Actual problems of environmental pollution, especially air, water and other from different sources, like industry, water economy, agriculture, energetics, mining industrial, traffic, chemical industry, food and dumping grounds lead to make care about environment and estimating about its pollution. Ordinance about obligatory estimating influence on environment strongly define the degree of pollution when estimating is necessary to define all existing and possible burdening on environment. There is an evaluation of some results of odour measurements from zoo, broiler houses, kitchens, coffee roasting and smelting plant like environmental burdening.*

¹ Doc. dr. M. Dobeic, Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta, Inštitut za higijeno okolja in živali z etologijo, Ljubljana, Slovenija

Pravni red na področju presoje vplivov na okolje v R Sloveniji

Odkar sta bili sprejeti Uredba o mejnih, opozorilnih, in kritičnih emisijskih vrednostih snovi v zraku (Ur.l.RS 73/94) in Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur.l. RS 73/94) se je zakonodaja na področju varovanja okolja - še posebno zraka - razširila še na v letu 1996 sprejeti Uredbi o vrstah posegov v okolje, za katere je obvezna presoja vplivov na okolje in Navodilu o metodologiji za izdelavo poročila o vplivih na okolje. V letu 1994 je bil izdelan tudi osnutek Uredbe o emisijah vonjav v zrak, ki zaenkrat še ni v veljavi.

Prvi dve uredbi se nanašata predvsem na emitente snovi v zrak, medtem, ko gre pri urejanju regulative posegov v okolje za celovito analizo onesnaževanja okolja. Pereča problematika, ki zadeva onesnaževanje zraka, tal, vode in drugega okolja iz različnih emitentov kot so industrija, vodno gospodarstvo, kmetijstvo, energtika in izkoriščanje rudnin ter kamnin, promet in zveze, proizvodnja kemikalij, proizvodnja hrane in pijač, odlaganje odpadkov in

Doc. dr. M. Dobeic, Univerza v Ljubljani, Veterinarska fakulteta, Inštitut za higieno okolja in živali z etologijo, Gerbičeva 60, 1000 Ljubljana, Slovenija
University of Ljubljana, Veterinary Faculty, Institute for environmental and animal hygiene and ethology

čiščenje, navaja na skrb glede posegov v okolje, za katere je presoja vplivov na okolje nujno potrebna. Uredba o obveznih presojah vplivov na okolje določa stopnjo onesnaženja, ko je pri posegih v okolje potrebno ugotoviti njihovo sprejemljivost z vidika vseh dejanskih in možnih obremenitev okolja ter predvidljivih posledic za okolje. Pod odrejenimi pogoji, presojevalci, ki so pridobili pooblastila (Ministrstvo za okolje in prostor) za presojevanje okolja in so lahko fizične ali pravne osebe, v svojih poročilih opisujejo in ocenjujejo oceno dejanskega stanja okolja in njegovih sestavin, značilnosti posega, pričakovanih vplivov na okolje, predvidenih okoljevarstvenih ukrepov in pričakovanih sprememb okolja. Končno se ovrednoti vplive posegov na okolje in sprejemljivost obremenitev in sprememb okolja.

Z vidika onesnaževanja se vplive na okolje vrednoti predvsem na:

- emisije plinastih, tekočih ali trdnih snovi v zrak, površinske vode, podtalnico, ali v tla
- emisijo vonjav
- emisije hrupa, ionizirajočega in elektromagnetnega sevanja ali toplote
- nastajanja odpadkov

Med drugimi elementi so izpostavljene presoje emisij plinastih snovi v zrak, kot so NH_3 , CO_2 in neugodne vonjave, za katere – še posebej za emisije neugodnih vonjav v R Sloveniji še ni ustrezne zakonodaje (razen uredbe o emisijah snovi iz nepremičnih virov onesnaževanja), ki bi omogočala ustrezno presojo vplivov na okolje. Osnutek Uredbe o emisijah vonjav v zrak iz leta 1994 določa mejne vrednosti imisij in emisij vonjav, kot tudi stopnje zmanjševanja emisij vonjav in druge ukrepe v zvezi z emisijami in imisijami vonjav. V osnutku so neugodne vonjave

definirane kot znane za posamezne snovi in neznane za mešanice snovi, ki jih organoleptično zazna na pragu vonja (1 vonjalna enota EV v mg/m³) olfaktorni organ panelista. Definirana je koncentracija vonjav v EV/m³ in pretok vonjav v Qod, ki je izračunan kot produkt koncentracije Cod in volumskega pretoka odpadnih plinov v ôv. Enota je EV/h.

$$Qod = Cod \cdot \Phi v$$

Osnutek navaja tudi postopek meritev neugodnih vonjav z olfaktometrijo in omenja hedoničnost učinka vonjav, kot občutek, ki ga povzročajo vonjave v določeni koncentraciji.

V nadaljevanju so opisana še mesta in emitenti neugodnih vonjav za katere bi obvezno veljala odredba, med katerimi so na prvih mestih naprave za predelavo surovin in živil živalskega izvora, skladiščenju in sušenju gnoja, hlevi, klavnice, kompostirnice, skladišča odpadkov idr. Mejno koncentracijo vonjav v okolici virov predstavlja 1EV/m³. Osnutek konkretno navaja nekatere kemične snovi s posebno močnim hedoničnim učinkom kot so C₂S, H₂S, stiren, tetrakloretilen in toluen in še dovoljene njihove najvišje koncentracije v zraku. Če so te presežene je okolje čezmerno obremenjeno. Za urbane sisteme prostora se za čezmerno obremenitev okolja posameznega vira šteje, če izmerjene ali pričakovane koncentracije vonjav, ne glede na stopnjo hedoničnosti, presegajo mejno koncentracijo 1 EV/m³ več kot 15% letnega časa. Ocene in standardi za mejne koncentracije vonjav se izdelajo skladno s smernicami VDI 3940, 3883/zv.2, 3782/zv.4. Pomemben del vsebine osnutka je navodilo za ravnanje v smislu zniževanja širjenja neugodnih vonjav.

Pri obdelavi in predelavi surovin in živil živalskega izvora se zahteva proizvodnjo pri:

- ustreznem podtlaku
- uporabi čistilnih naprav za zrak in odpadne pline
- shranjevanje surovin in proizvodov iz katerih se širijo neugodne vonjave v zaprtih posodah in hladilnicah

Pri sušenju gnoja in skladišč gnoja je potrebno :

- uporabljati zaprta skladišča in prostore
- uporabljati čistilne naprave za odpadne pline

Pri kompostiranju je potrebno:

- uporabljati zaprte kontejnerje za sprejem odpadkov
- uporabljati biofiltre
- uporabljati usedalnike, prepove se uporaba precdnih vod za vlaženje komposta

Pri praženju kave, žita in kakava:

- delo in skladiščenje v zaprtih prostorih
- uporaba čistilnih naprav

Pri dimljenju mesa in rib:

- uporabljati čistilne naprave za odpadne pline iz peči

Sicer osnutek uredbe predvideva še naslednje ukrepe:

- obvezno upoštevanje razdalj med objekti (prašičerejski, perutninski hlevi...), ki emitirajo neugodne vonjave, od obstoječih ali načrtovanih naselij
- uporabo čistilnih naprav in skladiščenja v zaprtih prostorih za klavnice

Nekateri primeri presojevanja emisij neugodnih vonjav**2.1 Rezultati meritev, presoja, mnenje – zivalski vrt**

V casu meritve je prevladovalo lepo sončno vreme, brez vetra.

Vsi merjeni dejavniki mikroklima so bili v okviru pogojev v katerih se posamezne vrste zivali najboljše pocutijo.

Koncentracije amoniaka tudi niso bile visoke (0-3 ppm) in v izmerjenih vrednostih na počutje in zdravje zivali ne morejo vplivati negativno. V prostorih omenjenih objektov se je odvzelo vzorce zraka za meritve koncentracij (Ou/m³) neugodnih vonjav v olfaktometričnem laboratoriju. Pri meritvah koncentracij neugodnih vonjav (Ou/m³) se je izmerilo vrednosti, ki se je jih ocenjevalo s pomočjo uveljavljenih kriterijev. Kriteriji za koncentracije in emisije neugodnih vonjav iz zivinorejske proizvodnje so vrednoteni po VDI smernicah in CEN standardih v EU na podlagi emitiranja neugodnih vonjav iz prašičerejske in perutninske proizvodnje.

Za pravilno vrednotenje stanja neugodnih vonjav je še potrebno upoštevati določanje koncentracij in ofenzivnosti vonja posameznih vzorcev zraka.

Po Misselbrook in sod. (1993), ki so ocenjevali s pomočjo ljudi-ocenjevalcev odnose med koncentracijo in intenzivnostjo neugodnih vonjav in jih imenovali ofenzivnost - lestvica tolerantnosti za neugodne vonjave po Clarksonu in Misselbrooku (1991) (kjer 1 pomeni brez vonja (1.2-3.3 Ou/m³), 2 zaznaven vonj (3.3-8.8 Ou/m³), 3 izrazen vonj (8.8-23.4 Ou/m³), 4 močan vonj (23.4-62.6 Ou/m³), 5 zelo močan vonj (62.6-167 Ou/m³) in 6 ekstremno močan vonj (>167 Ou/m³), sodijo izmerjene vrednosti koncentracij neugodnih vonjav v merjenih objektih zoološkega parka Maksimir po oceni ofenzivnosti med 1-6, (kjer 1 pomeni brez vonja, 2 zaznaven vonj, 3 izrazen vonj, 4 močan vonj, 5 zelo močan vonj in 6 ekstremno močan vonj), in sicer:

1. morski levi*	64.2 Ou/m ³	3 izrazen vonj
2. plazilci*	25.0 Ou/m ³	3 izrazen vonj
3. marabuji**	53.2 Ou/m ³	4 močan vonj
4. velike macke**	61.7 Ou/m ³	4 močan vonj
5. nilski konj*	8.0 Ou/m ³	2 zaznaven vonj
6. mocvirske ptice**	168.7 Ou/m ³	5 - 6 zelo do ekstremno močan vonj
7. sloni*	26.9 Ou/m ³	3 izrazen vonj
8. opicnjak*	17.3 Ou/m ³	2 zaznaven vonj

* ocena na podlagi kriterijev po izracunu

$$I = 1.61(\log_{10} C) + 0.45 \quad / I = \text{intenzivnost } C = \text{koncentracija}/$$

** ocena na podlagi kriterijev po izracunu

$$I = 2.35(\log_{10} C) + 0.30 \quad / I = \text{intenzivnost } C = \text{koncentracija}/$$

Po Clarksonu in Misselbrooku (1991) je tolerantna meja za z vonjem ogrožene ljudi ocena 2, ali pod njo.

Velik dejavnik za pritožbe ljudi, ki so izpostavljeni vonjavam je poleg ofenzivnosti tudi čas izpostavljenosti z zrakom z neugodnimi vonjavami. Ta je v zoološkem vrtu kratek, vendar je pomemben dejavnik v kolikor upoštevamo stopnjo ofenzivnosti in specifičnosti vonja ter na vonjave občutljive pretežno mestne obiskovalce, ki tovrstnih vonjav niso vajeni.

V tem in podobnih primerih je zadostna oddaljenost objektov z zivalmi od najbližjih poti, hiš, ali naselja bistvena rešitev, pri čemer disperzija zraka redci emisije na znosno raven.

Verjetno bi lahko z vertikalnim vodenjem zraka, s pomočjo ustreznih prezračevalnih cevi in ventilatorji, zrak z neugodnimi vonjavami dvignili in preusmerili. Dosegla bi se disperzija neugodnih vonjav. Uporabi se lahko "by pass" svezega zraka, s katerim bi se odvajani zrak mešal s čistim in bi zato odvedeni zrak imel dejansko nizjo koncentracijo emisij. Z ustrezno tehnologijo napajanja s čim manj razlivanja, higieno, večkratno menjavo nastilja, itd. bi dosegli zmanjšanje neugodnih vonjav. Znižanje emitiranja neugodnih vonjav bi dosegli tudi z bio-filtriranjem zraka.

2.2 Rezultati meritev, presoja, mnenje – hlevi za zrejo brojlerjev

Po ogledu in navajanjih je razvidno, da je farma zgrajena na kmetijskem območju. Kapaciteta objektov perutninske farme je predvidena za zrejo cca. 18.200 brojlerskih piščancev, ali 6800 puranov po posameznem objektu. Piščanci so v objektu v enem turnusu 40 - 45 dni, purani gredo v zakol pri starosti med 90 in 105 dnevom. Tehnologija krmljenja in napajanja je v objektih standardna, tla so med zrejo pokrita z nastilom iz oblancev in zaganja. Odpadne in meteorne vode so speljane v ponikovalnico, ali melioracijsko grapo. Gnoj ob čiščenju objektov razvozijo kmetje po bližnjih njivah in vinogradih. Rejec sam nima površin za podoravanje gnoja.

V vseh objektih je horizontalna ventilacija z rahlim podtlakom, s stenskimi ventilatorji katerih odprtine so na zunanji strani pokrite z deflektorji, ki usmerjajo zrak v tla. Ventilatorji zaselku najbližjega objekta so obrnjeni proti stanovanjskim hišam 50 metrov stran.

Na izhodih dveh ventilatorjev vsakega izmed 4 objektov se je odvzelo vzorce zraka za meritve koncentracij (Ou/m^3) in emisij (Ou/s) neugodnih vonjav. Pri meritvah z olfaktometrom vzorcev zraka se je izmerilo naslednje koncentracije neugodnih vonjav, oziroma emisije iz objektov, izračunane na podlagi kapacitete ventilacije: **objekt 1.** 212,2 Ou/m^3 , 177,6 Ou/m^3 in 601,3 Ou/m^3 (koncentracija vonjalnih enot na kubni meter), kar pomeni 139,74 Ou/s , 116,96 Ou/s in 296,99 Ou/s (emisija vonjalnih enot na sekundo), **objekt 2.** 174,9 Ou/m^3 in 512,0 Ou/m^3 , kar pomeni 29,86 Ou/s in 158,8 Ou/s , **objekt 3.** 251,1 Ou/m^3 in 288,9 Ou/m^3 , kar pomeni 123,03 Ou/s in 225,36 Ou/s , **objekt 4.** 104,2 Ou/m^3 in 357,2 Ou/m^3 , kar pomeni 64,53 Ou/s in 128,12 Ou/s .

Meritve koncentracij neugodnih vonjav (Ou/m^3) in emisij neugodnih vonjav (Ou/s) so pokazale vrednosti, ki so običajni pri meritvah perutninskih objektov (600-1000 Ou/s na izvoru - izhodu iz ventilatorja). Glede na lestvico tolerantnosti za neugodne vonjave po Clarksonu in Misselbrooku (1991) (kjer 1 pomeni brez vonja ($1.2-3.3 \text{ Ou}/\text{m}^3$), 2 zaznaven vonj ($3.3-8.8 \text{ Ou}/\text{m}^3$), 3 izrazen vonj ($8.8-23.4 \text{ Ou}/\text{m}^3$), 4 mocan vonj ($23.4-62.6 \text{ Ou}/\text{m}^3$), 5 zelo mocan vonj ($62.6-167 \text{ Ou}/\text{m}^3$) in 6 ekstremno mocan vonj ($> 167 \text{ Ou}/\text{m}^3$), da je **vonj** na izvorih (ventilatorji) objektov 1, 2, 3, 4 povsod **ekstremno mocan**. Tolerantna meja je namrec za z vonjem ogrozene ljudi ocena 2, ali pod njo. Poudariti pa je potrebno, da se zrak z neugodnimi vonjavami z razdaljo redci s cimer se njegova agresivnost znižuje, kar velja tudi za ta primer. Zadostna oddaljenost hlevov od najblizjih naselij je namrec bistvena rešitev, pri cemer disperzija zraka redci emisije iz hlevov na znosno raven. Vendar perutninska farma s svojo obremenitvijo GVZ ne ustreza v Evropi določenim smernicam, ki dolocajo najmanjši odmik perutninskih objektov od naselja zaradi obremenitve z neugodnimi vonjavami. Po VDI smernicah št. 3472 bi morala biti perutninska farma s tolikšno kapaciteto zivali oddaljena od naselja vsaj 370 m.

Veliko vlogo pri emisijah neugodnih vonjav ima smer emitiranja ventilatorjev, ki v tem primeru ni rešena ugodno. Ventilatorji bi morali biti obrnjeni stran od naselja, ti pa so iz objekta 1 obrnjeni prav proti zaselku.

Bistveni ukrep za zniževanje neugodnih vonjav je vecja pozornost nastilu. Zato je pomembna izbira nastila, ki bi moral vpiti cim vec vlage.

Rešitve se kazejo tudi v spremembah v krmljenju zivali in sicer v zniževanju ali preoblikovanju visokoproteinske hrane, saj so nekatere aminokisline v krmi eden izmed vzrokov za nastajanje neugodnih vonjav.

Predlaga se montaza ventilacijskih jaskov nad sleme objekta z ustreznim "by passom" svezega zraka, namenjenim znizanju emisij neugodnih vonjav. Naslednja rešitev se kaze v zniževanju gostote zivali v objektih, higieni objektov, tehnologiji zreje, pravilni obdelavi gnoja, gnojevke in gnojnice, nanosa na površine, manjšo obremenitvijo GVZ/ha, itd., ki bi tudi lahko doprinesli k manjšemu obremenjevanju okolja z neugodnimi vonjavami, dušikom, kalijem, fosforjem, itd. Znižanje neugodnih vonjav bi bilo moc doseči tudi z biofiltriranjem zraka. Obenem pa za znižanje amoniaka in neugodnih vonjav se priporoca tudi nekatere aditive nastilu, tako na bazi sarsaponinov, kot tudi encimskih preparatov.

Ob omenjenih ukrepih so nujni razgovori vseh prizadetih strank, to pa so rejci in okoliški prebivalci, da bi lahko proizvodnja v bodoce potekala nemoteno. Ker se perutninska farma nahaja na kmetijskem področju, obstaja možnost, da se kljub pritožbam, med rejci in okoliškimi prebivalci doseže dogovor, ki bi vključeval pripravljenost rejcev za dolgorocno reševanje zniževanja smradu na podlagi zgoraj omenjenih in drugih rešitev.

2.3 Rezultati meritev, presoja, mnenje – mesnica in obrat za pripravo prehrane

Vzorci so bili odvzeti na lokaciji mesarije in delikatese. Pripravljajo tudi tople obroke (malice in kosila). Mesarija in delikatesa je postavljena v strogem centru

mesta. Spodnji predeli objektov na katere meji omenjeni lokal so trgovine. Nad trgovinami so stanovanjski prostori. Sosednji objekti so nekoliko višji v primerjavi z omenjenim lokalom.

Odvzeti so bili trije vzorci zraka - na iztoku zraka iz ventilatorja iz kuhinje - na tem mestu se je izmerilo tudi hitrost gibanja zraka, ki je znašala v povprečju 19,88 m/s, pretok preko omenjenega prezračevalnega sistema 0,29 m³ zraka na sekundo ali 1044 m³ zraka na uro.

Drugi vzorec se je odvzelo v prodajalni in tretjega na ulici.

Glede na izmerjene vrednosti koncentracij in emisij ter izmerjene imisije neugodnih vonjav na ulici je obremenjenost bližnjega okolja z neugodnimi vonjavami razmeroma visoka (106.1 Ou/m³). Emisije iz kuhinje lokala so najintenzivnejše v obdobju priprave hrane. Obremenjevanje okolja z neugodnimi vonjavami je zaradi dejavnosti kuhinje vsakodnevno in trajajoče 6 ur dnevno. V odstotkih je to četrtnina dneva, oziroma 25% časa v letu. V kolikor se upošteva, da je čas, ko se sprosti največ emisij, čas najintenzivnejših dnevnih aktivnosti in obdobje največje gostote prebivalstva v tem delu mesta in v kolikor se izpostavi, da se velik delež vonjav sprošča že zjutraj, ki je za človeška čutila med najboljčutljivejšimi deli dneva, se lahko trdimi, da je imisijska obremenitev okolice lokala z neugodnimi vonjavami precejšnja.

Izmerjene koncentracije v lokalu in ob ventilatorju (291 Ou/m³ in 581.9 Ou/m³) so za gostinski objekt razmeroma visoke, če upoštevamo neposredno bližino stanovanj okoliških prebivalcev.

Ob koncentraciji vonjav, ki so za človeka obremenjujoče, je potrebno upoštevati še njihovo sprejemljivost. Predvidevamo, da ljudje različno prenašajo obremenjevanje z neugodnimi vonjavami. Kvaliteta neugodnih vonjav se vsakodnevno spreminja, v obravnavanem primeru v odvisnosti od vrste hrane in priprave v kuhinji. Prav zaradi te in še drugih spremenljivosti za restavracije, bare, bifeje, itd. ni mogoče definirati standardov največjih še dopustnih obremenitev z neugodnimi vonjavami. Evropske smernice za take primere upoštevajo predvsem nekatera dejstva s katerimi je mogoče oceniti primernost gostinskih lokalov v mestnih soseskah. Konkretno na Nizozemskem, državi, ki ima v Evropi do sedaj najbolj precizno izdelane standarde za ocenjevanje emitentov z neugodnimi vonjavami, podobno problematiko kot je obravnavani primer, rešujejo s smernicami »Nederlandse emissie Richtlijn Lucht« (v nadaljevanju NeR) .

Med drugimi obravnavajo tudi problematiko obremenjevanja okolja z neugodnimi vonjavami - tudi med sosednjimi stanovanjskimi hišami. Pri obravnavanju primerov, **poleg olfaktometrijskih meritev**, izpolnijo še ustrezen vprašalnik, katerega odgovori pomenijo vsebino za nadaljnje ukrepanje. Pomembnejša so vprašanja:

1. ali ima emitent, ki sprošča emisije z neugodnimi vonjavami že izdelano metodologijo, ali tehniko, ki bi omogočala zniževanje koncentracije, ali emisij neugodnih vonjav?
2. ali je v opreми za proizvodnjo, oziroma za izvajanje dejavnosti, ki sproža sproščanje neugodnih vonjav že vključena tehnika za njihovo zniževanje, ali omejevanje sproščanja (filtri,...)

3. ali si emitent ekonomsko lahko privošči ustrezno tehniko za zniževanje razvoja emisij
4. število in pogostnost pritožb okoliškega prebivalstva
5. obremenjenost in trpljenje ljudi zaradi neugodnih vonjav
6. meja sprejemljivosti ljudi za neugodne vonjave v posameznih obravnavanih primerih
7. določanje hedoničnosti panelistov paralelno z olfaktometrijskimi meritvami

2.4 Rezultati meritev, presoja, mnenje – pražarna kave

Pražarna kave ima sedež v stanovanjski hiši, ki meji na sosednje hiše in je oddaljena od strnjene naselja približno 100 m.

Vzorec zraka za olfaktometrijsko meritev je bil odvzet na izstopu zraka iz prezračevalnika na strehi objekta.

Izmerjena koncentracija neugodnih vonjav znaša $181,0 \text{ Ou/m}^3$. Emisija neugodnih vonjav $181,0 \text{ Ou/s}$. (glede na izmerjen pretok zraka preko ventilatorja ($1,00 \text{ m}^3/\text{s}$)). Rezultati meritev kažejo, da so emisije neugodnih vonjav, ki prihajajo iz pražarne kave **nizke**.

Ker ni pritožb lastnikov okoliških hiš in glede na dejstvo, da pražijo kavo enkrat tedensko – kar znaša 7,6% časa letno - glede na obstoječe evropske standarde ni nikakršnih ovir za tovrstno dejavnost, na omenjeni lokaciji.

2.5 Rezultati meritev, presoja, mnenje – livarna

Obrat z livarsko in metalurško dejavnostjo je oddaljen od strnjene naselja Žalec približno 100 m. Smer dominantnih vetrov je proti naselju, od koder po izjavah sosedov izmenično zaznavajo močan neugodni vonj po kovini.

Vzorci zraka za olfaktometrijsko meritev so bili odvzeti:

- v obratu nad glavnim virom neugodnih vonjav – objekt (*vzorec št. 30*)
- ob ograji pri vratarnici (smer pihanja dominantnih vetrov – *vzorec št. 31*)
- pred prvo stanovanjsko hišo, kamor pihajo dominantni vetrovi (*vzorec št. 24*)
- pred prvo najbližjo stanovanjsko hišo (*vzorec št. 32*)

Vzorec zraka št 30: Izmerjena koncentracija neugodnih vonjav: $971,4 \text{ Ou/m}^3$.

Vzorec zraka št 31: Izmerjena koncentracija neugodnih vonjav: $91,9 \text{ Ou/m}^3$.

Vzorec zraka št 24: Izmerjena koncentracija neugodnih vonjav: $55,1 \text{ Ou/m}^3$.

Vzorec zraka št 32: Izmerjena koncentracija neugodnih vonjav: $33,7 \text{ Ou/m}^3$.

Vonjave, ki se sproščajo v livarski proizvodnji so po svoji kvaliteti razmeroma prodorna in okolju tuja zračna sestavina. Glede na problematiko sproščanja neugodnih vonjav v okolje pa se je izmerilo koncentracije vonjav v okolici obrata in najbližjih stanovanjskih enotah, ki so od livarne oddaljene 100 m. Proti stanovanjski soseski v večini leta od livarne pihajo dominantni vetrovi. Iz tega razloga se je meritve izvršilo pri stanovanjskih objektih tudi v smeri strujanja vetra.

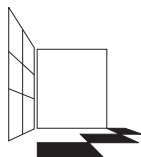
Meritve koncentracij neugodnih vonjav so pri livarni najbližji stanovanjski hiši, ki je oddaljena 100 m pokazale količinsko nizke vrednosti vonjalnih enot, toda

glede na dejstvo, da je vonj kljub nizkemu številu še vedno izrazit in zaznaven se ugotavlja, da je njegova kvaliteta in intenzivnost taka, da jo ljudje zaznajo še po 100 m razdalje. V kolikor upoštevamo tudi dejstvo, da proizvodnja poteka vsakodnevno je obremenjevanje ljudi z neugodnimi vonjavami glede na čas obremenjevanja razmeroma visoko. Ob tem gre poudariti tudi smer dominantnih vetrov od livarne proti naselju, kar še dodatno pripomore k povečanemu obremenjevanju z neugodnimi vonjavami, saj se onesnažen zrak aktivno pomika v smeri stanovanjskega naselja.

Proizvodnja je razmeroma dovolj daleč od najbližjih stanovanjskih hiš in naselja, vendar bo v primeru pogostejših pritožb prebivalcev potrebno filtrirati emitirani zrak iz livarne. Nedvomno pa s stališča obremenjevanja z neugodnimi vonjavami ne bi bila primerna nova stanovanjska gradnja v obstoječem prostem krogu zemljišča okrog livarne v radiu 100m.

Literatura

- 1.Schauberger G., J. Eder in sod. (1995) Vorläufige Richtlinie zur Beurteilung von Immissionen aus der Nutztierhaltung in Stallungen
2. VDI Richtlinien, Emissionsminderung. Tierhaltung - Schweine, 3471
- 3.VDI Richtlinien, Emissionsminderung. Tierhaltung - Hühner, 3472
- 4.VDI Richtlinien, Olfaktometrie Geruchsschwellenbestimmung, Probenahme, 3881
- 5.VDI Richtlinien, Olfaktometrie Geruchsschwellenbestimmung, Grundlagen, 3881
- 6.VDI Richtlinie Olfactometer, 3881 Bl. 2
- 7.VDI Richtlinien, Bestimmung der Geruchstoffemission durch Begehungen, 3940
8. Smith R.J., P.J. Watts (1994) Determination of Odour Emission Rates from Cattle Feedlots: Part 1, A Review; Journal of Agricultural E. Research 57



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Juranić, T.¹, Juranić, Lj.²

H₂S/RSH emisije mjerjenje i nova tehnološka rješenja

Sažetak: *Prvim mjerenjem emisije onečišćujućih tvari u otpadnom plinu iz stacionarnih izvora na objektima za proizvodnju prirodnog i ukapljenog plina, CPS Molve i Pogon Etan (po zakonskoj obvezi) ustanovljena je emisija vodik sulfida i merkaptana iznad dozvoljene granične vrijednosti, što se do 2004. godine mora riješiti.*

Kako bi se udovoljilo strogim zakonskim zahtjevima zaštite zraka na već unaprijedenim modernim procesima proizvodnje prirodnog plina potrebne su određene preinake. Ta investicija zahtjeva znatna materijalna sredstva, od 2,5 do 5 milijuna USD, odnosno od 250.000 do 450.000 USD godišnje za održavanje.

Paralelno s procesnim rješenjima mora se riješiti i kontinuirani monitoring. U tom smislu mjerenje emisije navedenih zagađivača metodama ASTM D 4084-82 i ASTM D-2385-81 i povremenom konrolom Gastec detektorskim sustavom može pridonijeti praćenju učinkovitosti i pouzdanosti ukupnog sustava emisije H₂S i RSH iz naša dva najveća i najvažnija objekta.

Summary: *Initial measuring of pollutants in the waste gas from stationary sources on the facilities for production of natural and liquified gas the GTP Molve and Ethane Recovery Plant has proved the emission of H₂S and mercaptane above the permissible limit value, which is to be solved until the year 2004. To meet the strict legal requirements concerning the air pollution in the previously improved natural gas production processes of INA-Naftaplin, certain upgrading is to be undertaken.*

This capital investment requires a large financial support in the amount of 2.5 to 5 million USD investment and 250,000 to 500,000 USD/year of operating costs approx.

In line with the process improvement, a continuous monitoring system must also be solved. In that respect, the measuring of H₂S/RSH emission, using ASTM D-4084-82 and ASTM D-2385-81 methods and periodical control by Gastec detector system, could contribute to the most reliable and efficient monitoring system of our two biggest and most important natural gas plants.

1 Tomislav Juranić, Ljubica Juranić, INA Industrija nafte d.d., Zagreb

Uvod

U skladu s Odlukom o uspostavi cjelovita sustava upravljanja okolišem u INU od 12. 5. 1998. i zacrtanoj politici o dosljednom poštivanju zakonske regulative i stalnom unapređenju, ovim se željelo istražiti i prikazati koliko takav zahvat košta na dva postrojenja u Naftaplinu. U današnjem financijskom trenutku za Republiku Hrvatsku, INU u cjelini, te posebno Naftaplin, takav poduhvat može biti upitan. Ovo je tim više naglašeno što kod našeg fizički vrlo bliskog susjeda, članice europske zajednice Italije, od kuda nam utjecaji dolaze, ne postoje zakonska ograničenja za emisiju H_2S i RSH.

Radi se o Centralnoj plinskoj stanici (CPS) Molve i pogonu Etan u Ivanić Gradu. Naime, shodno Uredbi o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, Narodne novine br. 140/97 i rezultatima snimanja emisija izvršenih u tijeku 1998. god. u obvezi smo do 2004. god. i na postojećim objektima izvršiti unapređenja i preinake u cilju ispunjavanja kriterija granične vrijednosti za H_2S od 5 mg/m^3 , odnosno $3,5 \text{ ppm}_v$ i merkap-tane od 20 mg/m^3 .

Procjena investicije i troškova održavanja za projekte odsumporavanja na pogonima proizvodnje CPS Molve i Etan

Do tog vremena, dakle u prelaznom razdoblju, dozvoljen je tri puta veći sadržaj što za H_2S iznosi $10,5 \text{ ppm}_v$.

U praksi CPS Molve postižu se iza LO-CAT jedinice pojedinačne vrijednosti emisije za H_2S i do 35 ppm_v (sr. vr. 25 ppm_v), pa se ulažu naponi na unapređenju, što je još izrazitije potrebno s obzirom na obradu ukupnih količina CPS I i II, te polja Gola (slika 1).

Kriterij od $3,5 \text{ ppm}_v$ H_2S vrlo je drastičan i vrlo zahtjevan u smislu procesinga. Potrebna je i njegova striktna kontrola, pa se u prilogu prezentiranog, investicija mora još povećati za cijenu učinkovitog kontinuiranog monitoringa, kako u slučaju CPS Molve tako i za pogon Etan (slika 2).

Za **CPS Molve** od četiri prezentirana procesa niti jedan ne izgleda osobito povoljno niti bi se mogla dati izrazitija prednost.

Možda lagana prednost mogla bi se dati CATOX tehnologiji (slika 3), a koja se zasniva na predgrijavanju ulaznog plina i katalizatora na 220°C , te katalitičkoj oksidaciji pri 300 do 350°C na katalizatoru Cu/Mn/Pt (na silikatnoj osnovi kao nositelju). To je relativno mala jedinica s malom količinom katalizatora $8,5 \text{ m}^3$, kojem je garantirani vijek trajanja dvije godine, ali u praksi se očekuje trogodišnji radni vijek.

Ostala ovdje prezentirana rješenja su glomaznija. Tako Sulfa Treat osim visoke investicije u 8 posuda i puhala, ima visoke troškove održavanja, te izraziti problem količina za nabavku (iz S.A.D.) i poslije za odlaganje. Slično je i sa Sulfur Rite jedinicom.

S druge strane već nama poznata LO-CAT tehnologija, za ovaj slučaj s mobilnim slojem, značajan je investicijski izdatak, pa u našem slučaju sužene investicijske mogućnosti, nema neke veće šanse. Na dulji rok i s obzirom na znatno niže troškove održavanja, ta tehnologija može financijski biti usporediva. Povoljno je to što u tom slučaju nemamo neku veću manipulaciju s kemikalijama i otpadom već to rješavamo u sklopu postojećeg rješenja za LO-CAT.

Za **pogon Etan** u prezentiranoj procjeni očita je prednost na strani CATOX tehnologije. Radi se svega o 1m³ katalizatora. To je mala skid jedinica. Zgodno je i to što bi za predgrijavanje mogao biti iskorišten postojeći višak otpadne topline.

Tehnoekonomska usporedba dodatnog procesa za odsumporavanje CPS Molve

Zahtjev: **H₂S iz 30 ppm_v na 3,5 ppm_v** prema kriteriju Uredbe o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, Narodne novine br. 140/97

Uvjet: Rad LO-CAT postrojenja za odsumporavanje uz djelotvornost uklanjanja H₂S iz 580 ppm_v na 30 ppm_v za kapacitet 65.000 m³/h

Proc. oznaka	Adsorpcija (scrubber) Tip +10	Sagorjevanje+ katalizator Tip CK-428	Kataloksidacija, Mobile bed ARI 320	Adsorpcija, Iron sponge ARI 720
Ponuda	Sulfa Treat Co.	Waldor Topcon	USRI Inc.	USRI Inc.
Parametar	Cheslenfield/St.Luis MO, S.A.D.	Lyngby Daneka	Schaumburg, IL, S.A.D.	Schaumburg, IL, S.A.D.
Br.ponuda	2 2 4	1 skid jedinica	1 linija (početno 3)	2-4
Aureolizacija	Prod. Sluzeno			
Cheslenfield/St.Luis (ppm H ₂ S)				
Kemikalije	400 400 240	360	24	Usporedila se
Oprema	600 600 360	1.000	1.000	Sulfa Treat
Radovi	200 200 160	200	100	
Ostalo	100 100 70	100	100	
Ukupno	1.400 1.400 730	1.660	1.224 (x3)	
Količina kemikalija	400 400 240	360	24	
Troškovi održavanja 1000 US\$/god				
Kemikalije	360 360 440	360 (god)	4	Usporedila se
Odlag.	130 40 50	3	3	Sulfa Treat III
Labor.	10 10 10	10	10	uzak
Ostalo	30 30 20	50 energija	30 energ.	
Ukupno	420 200 220	183	47 (x3)	
Broj ljudi	17 2 6 2 6	16 17 6	6 17 6	
Udaljenost od zeml. kemikalija, god.	x8 x4	3	(x3)	3
Radovi	2 4 2	2	Kon. i održavanje	2
Oprema i rukovanje	2 4 2	2	2	2
Oprema i rukovanje	2 4 2	2	2	2

Napomene:

- 1 Ponuda predviđa izlaz s 5 ppm_v H₂S
- 2 Procjena je napravljena na bazi sličnih procjena projekata za Mihovljan, Etan i 3 Molve (ali znatno manji kapacitet)
- 4 Uključeni i transportni troškovi
- 5 Troškovi odlaganja kod nas su znatno veći nego u S.A.D.
- 6 PDV nije uključen

Tehnoekonomska usporedba procesa za odsumporavanje

Etan, Ivanić Grad

Zahtjev: H₂S iz 900 ppm, na 3,5 ppm, prema kriteriju Uredbe o graničnim vrijednostima emisije onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora, Narodne novine br. 140/97

Uvjet: Projektirani kapacitet 3.000 m³/h, odnosno stvarni 1.150 m³/h

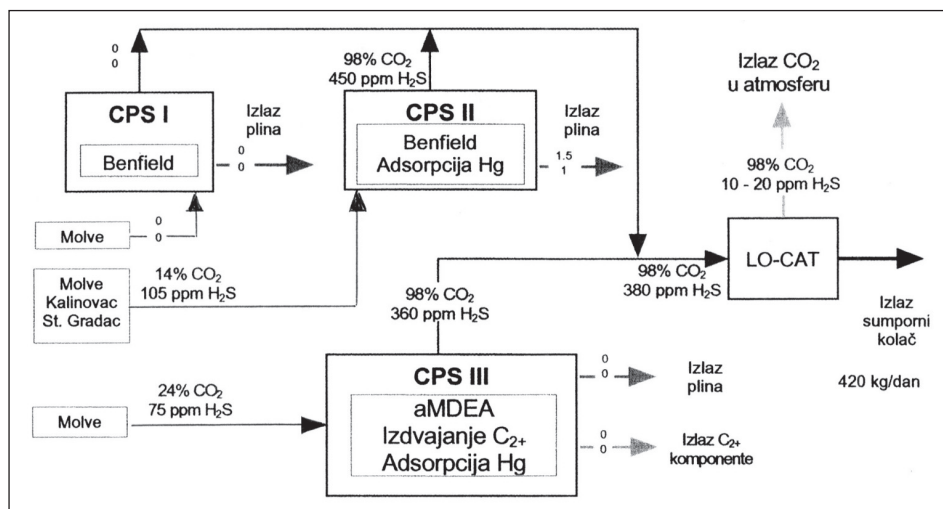
Proc. osnova	Adsorpcija (sponge)	Sagorjevanje + katalizator	Adsorpcija, Iron sponge
Proizvođa	Sulfa Treat-HP	Tip CK-428	A RITZ
Parametar	Sulfa Treat Co. Chesterfield St. Lark MO, S.A.D.	Halder Topsoe Lyngby Danska	US Filter Solihull Birm., IL, S.A.D.
Br. postroja (uključujući)	2/2	1 uključujući	2
Cijena (uvedbe) (000USD)	Projekt Stvarno	1.325-3.500 milij	
Kemikalije	220 220	30	Usporedila sa
Oprema	280 280	300	Sulfa Treat
Radnici	90 90	150	
Ostalo	60 60	80	
Ukupno	650 650	560	
Količina kemikalija	220t 220t	1m ³	154t
Troškovi odlaganja (000USD/god)			
Kemikalije	380 140	30/god	Usporedila sa
Odlaganje	140 60	1	Sulfa Treat
Labor.	10 10	10	
Ostalo	20 20	30 dnevnika	
Ukupno	440 200	56	
Prostor, m	12/6/8,3	4/2,5/2	-/-
Vjerovatnost zamj. kemikalija, dana	154 403	2 god. garancija 3 god. očekivano	161
Reflexi	- 1000	- 300	7
Opasnost i troškovi	znatna	mala	velika

Napomene:

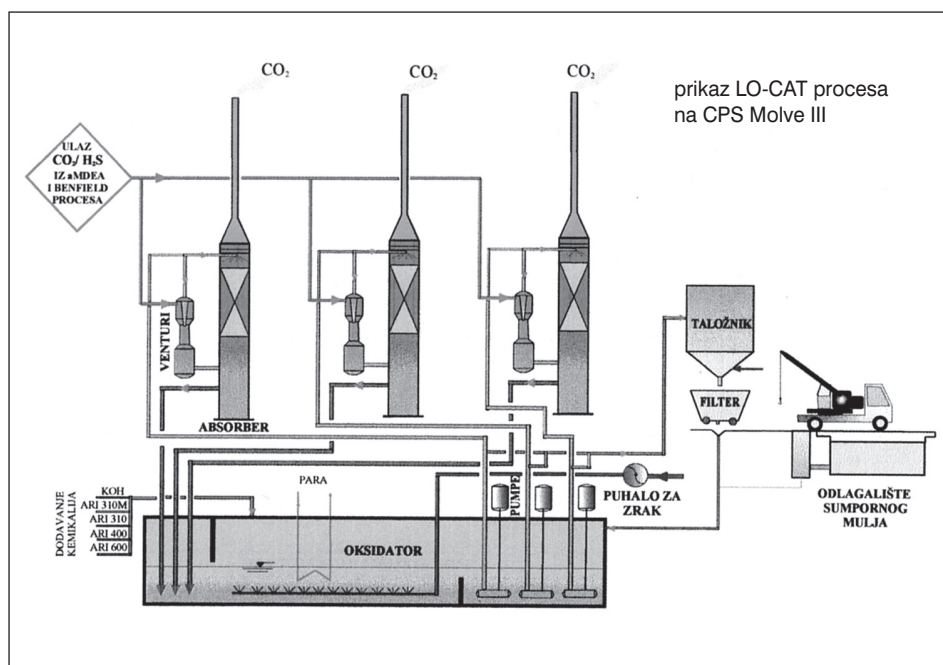
1 Uključeni i transportni troškovi

2 Troškovi odlaganja kod nas su znatno veći nego u S.A.D.

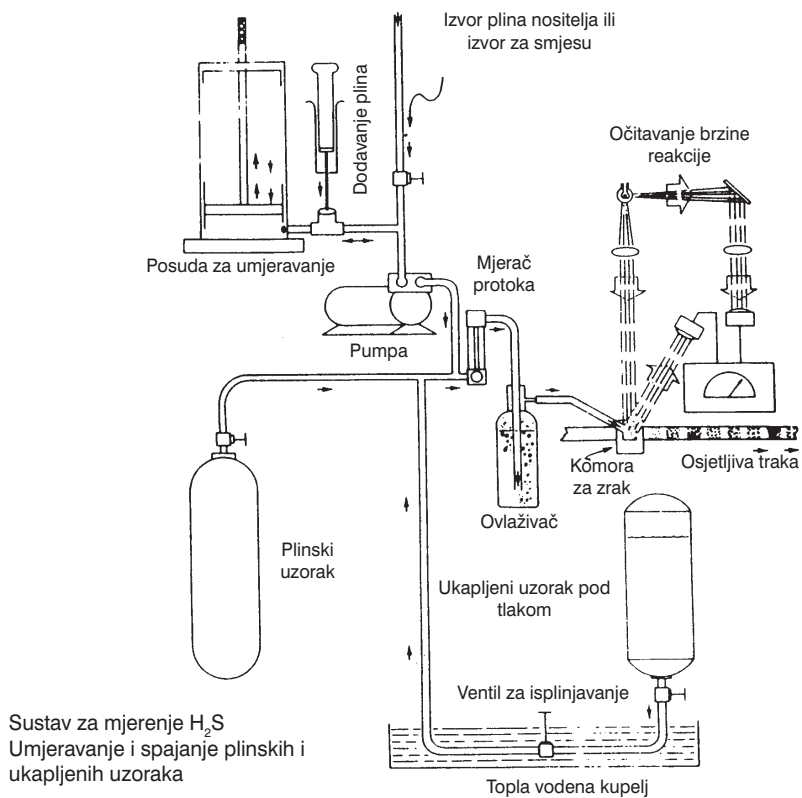
3 PDV nije uključen



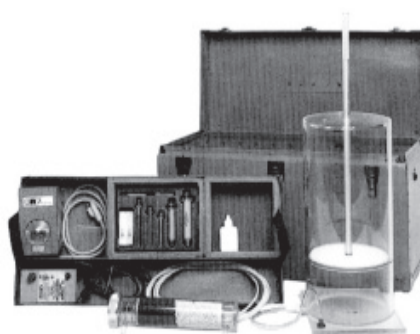
Blok-shema odsumporavanja ugljičnog dioksida na postrojenjima CPS Molve (kolo-
voz 1997)



Slika 1. Sustav za uklanjanje štetnih primjesa iz prirodnog plina i LO-CAT proces za smanjenje emisije H_2S u zraku na centralnoj plinskoj stanici Molve



Model 722R
 H_2S procesni analizator

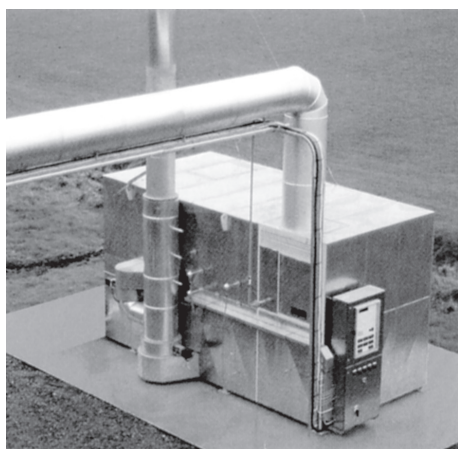


Model 722K
Standarni pribor za umjeravanje

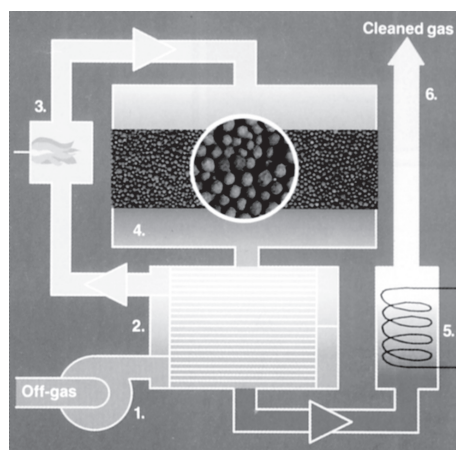
Slika 2. Kontinuirani monitoring emisije H_2S na 4 kritične točke ugrađenim on-line procesnim analizatorima metodom olovno acetatne reakcije (ASTM D 4084) s mogućnošću kalibracije



CATOX jedinica za pročišćavanje
55.000 Nm³/h otpadnog zraka



Kompaktna CATOX jedinica



1. Puhalo
2. Izmjenjivač topline
3. Pomoćni plamenik
4. Reaktor
5. Dodatni izmjenjivač topline
6. Dimnjak

Katalitičko sagorjevanje

Slika 3. CATOX tehnologija (sagorjevanje + katalizator) procjenjena kao najpovoljnija za postizanje <3,5 ppm H₂S - relativno mala jedinica s malom količinom katalizatora

Zaključak

Kriterij za emisiju H_2S od 3,5 ppm (5 mg/m³) je vrlo drastičan i zahtjevan. Ot-
padni plin s visokim sadržajem CO_2 , niskim tlakom i malom količinom H_2S i RSH,
specifičan je slučaj, te svako rješenje ima nedostataka i skupo je. Taj fenomen
skupoće u rješavanju emisije H_2S i RSH u proizvodnji prirodnog i ukapljenog
plina sličan je rješenju, odnosno uklanjanju sadržaja sumpora iz nafnih derivata
iz 500 ppm na 50 ppm – zahtjevani niži sadržaj ovih zagađivača na izlazu znatno
poskupljuje investicijske i operativne troškove.

Da li je 2004. godina realnost za takova ostvarenja?



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Avirović, G.¹, Džajo M.¹

Neka iskustva pri mjerenju onečišćenja zraka automatskim i ne-automatskim metodama

Sažetak: Na jednoj od šest mjernih postaja područne mreže za praćenje kakvoće zraka Grada Kutine, koncentracije dušikova dioksida (NO_2) i amonijaka (NH_3) prate se istovremeno ne-automatskom (poluautomatskom klasičnom) metodom i automatskim kemiluminiscentnim analizatorom. Ne-automatska, klasična metoda sa odvojenim operacijama sakupljanja uzorka i kemijske analize osigurava podatke za ocjenu postizanja zakonskih ciljeva, za informiranje javnosti, kao i za procjenu izloženosti stanovništva zračnom onečišćenju. Automatska razina mjerenja daje informaciju o onečišćenju zraka u stvarnom vremenu i omogućuje trenutno poduzimanje korekcijskih aktivnosti i tako nadopunjuje program klasičnog mjerenja. Program kontrole kvalitete klasičnog mjerenja u cilju osiguranja pouzdanosti dobivenog rezultata uključuje dnevnu provjeru protoka uzorkovanja na umjerenim i provjerenim plinskim brojilima, nadzor nad uzorcima te kemijsku analizu na umjerenom instrumentu uz osiguranje sljedivosti do etalona najviše kakvoće uz svakodnevno kontrolno određivanje standardnog uzorka poznate koncentracije. Međutim i moderno automatsko praćenje onečišćenja zraka postavlja izvanredne zahtjeve na mjernu opremu i sustav njene kalibracije. Nadzor mjerenja automatskog analizatora obvezno uključuje redovitu kalibraciju, provjeru nule i raspona (eng. span) uz uvažavanje specifičnosti rada sa kalibracijskim smjesama niske koncentracije. Priказani su uspostavljeni programi kontrole kvalitete pri ove dvije razine mjerenja, kao i višemjesečni rezultati paralelnih mjerenja amonijaka i dušikova dioksida. Potvrđena je korelacija između izmjerenih vrijednosti.

Some Experience on Air Pollution Monitoring by Automatic and Non-Automatic Methods

Summary: On one of six measuring stations of the local network for air pollution monitoring in Kutina the concentrations of nitrogen dioxide (NO_2) and ammonia (NH_3) are monitored at the same time by non-automatic (i.e. semi-automatic classic) method and automatic chemiluminescence analyzer. Non-automatic classic method with separate operations of sampling and chemical analysis provides data in order to meet the law, for public informing as well as for the estimation of population exposure to air pol-

1 Avirović, G. i Džajo M., Petrokemija d.d., Kutina

lution. Automatic level of measuring gives the information on air pollution in the real time and allows instantaneous undertaking of corrective actions and thus a program of non-automatic measuring is supplemented. Quality control program of non-automatic measuring in order to ensure reliability of the results includes daily flow control of the sampling on the calibrated and verified gas-meters, sample control and chemical analysis on the calibrated instrument ensuring the traceability to etalon of the highest quality and daily determination of the standard sample of known concentration. However, a modern automatic monitoring of air pollution establishes the requestes concerning the measuring equipment and the system of its calibration. Measuring control of the automatic analyzer obligatory includes regular calibration, zero and "span" control taking into consideration the specific work with the low concentration calibration gas mixtures. Established quality control programs at this two measuring level are compared as well as several months results of the simultaneously measured values of ammonia and nitrogen dioxide. The correlation between the measured values is confirmed.

Uvod

Cilj praćenja kakvoće zraka sukladno nacionalnoj regulativi je ocjena kakvoće zraka prema propisanim graničnim i preporučenim vrijednostima, kategorizacija područja prema stupnju onečišćenosti zraka i upravljanje kakvoćom zraka. U industrijskim područjima često se osim općih onečišćenja prate i koncentracije specifičnih onečišćujućih tvari, a dodatni cilj uspostavljene mreže praćenja je detektirati trenutne pojave visokih koncentracija radi pravovremenog poduzimanja korekcijskih aktivnosti i informiranja javnosti.

Zbog specifičnosti kutinskog područja (blizina stambene i industrijske zone) u područnoj mreži praćenja na odabranoj mjernoj postaji uspostavljene su dvije razine mjerenja amonijaka i dušikova dioksida kao potencijalno kritičnih onečišćenja :

- ne-automatsko ili klasično poluautomatsko mjerenje, s odvojenim operacijama uzorkovanja i analitičkog određivanja u laboratoriju, i kašnjenjem podataka dan ili više i
- automatsko mjerenje u stvarnom vremenu.

Obje razine mjerenja zahtjevaju uspostavu sustava osiguranja kvalitete mjerenja odnosno pouzdanosti podatka, a dobiveni rezultati se međusobno nadopunjavaju.

Poluautomatsko (klasično) mjerenje koncentracija amonijaka (NH_3) i dušikova dioksida (NO_2) u zraku kutinskog područja

Sustav poluautomatskog mjerenja sastoji se od:

- mjernih postaja opremljenih standardnim uređajem za uzorkovanje zraka naselja,⁽¹⁾
- laboratorija za analitičko određivanje koncentracija onečišćujućih tvari, i

- osobnog računala (PC) sa statističkim software-om za pohranu i obradu dobivenih podataka i izvješćivanje.

Svaka faza sustava izvor je moguće pogreške. Stoga je uveden program osiguranja pouzdanosti mjerenja za svaku (Tablica 1).

Tablica 1. Osiguranje pouzdanosti poluautomatskog mjerenja

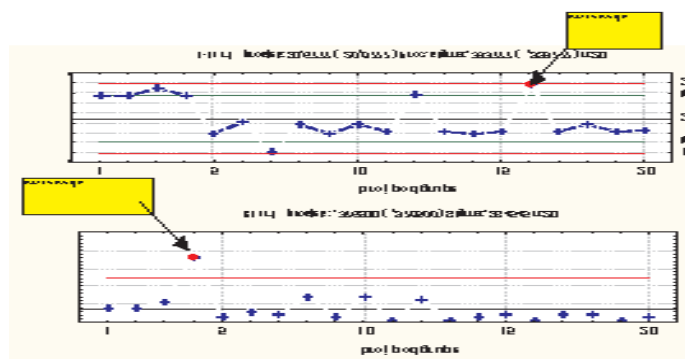
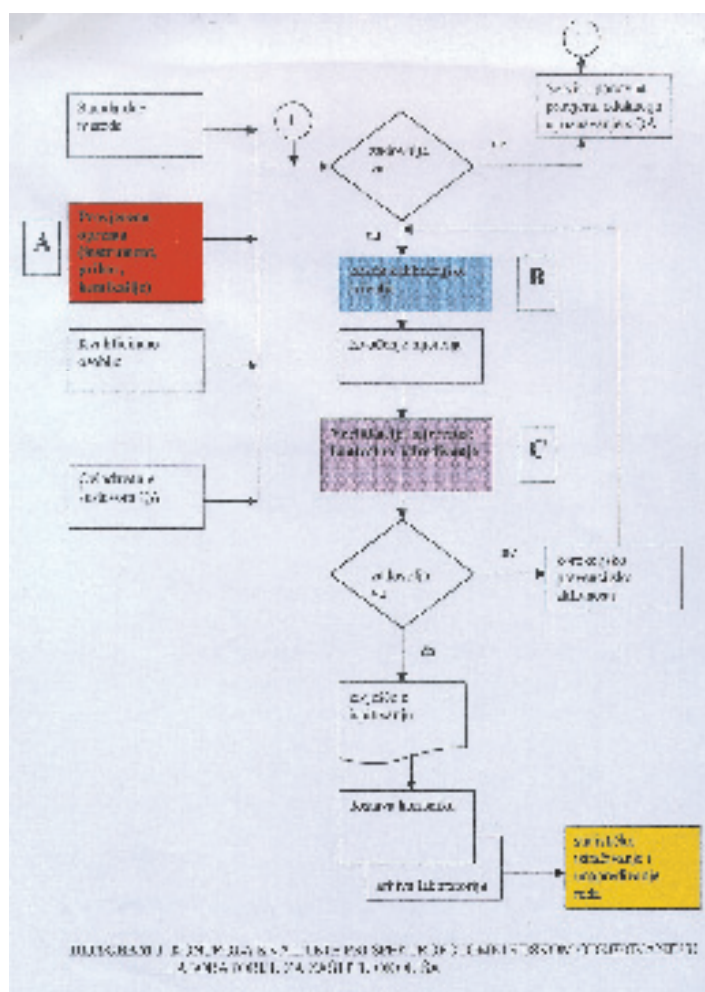
	Osiguravanje pouzdanosti mjerenja
UZORKOVANJE	-kontroliranje pouzdanosti uređaja -svakodnevna provjera protoka pri 24-satnom uzorkovanju
KVALITETA MJESENJE U LABORATORIJU	-korištenje umjerene i provjerene opreme i instrumenata -kontroliranje pouzdanosti kontrolnih određenih koncentracija (Dijagram 1)
OBRAĐA PODATAKA	-kontroliranje pouzdanosti

Verifikacija mjerenja analizom kontrolnih standarda poznate koncentracije (Dijagram 1, točka C) pri svakoj seriji mjerenja rezultira vrijednim podacima koji omogućavaju izradu i vođenje kontrolnih karata, alata koji, uz primjenu pravila interpretacije, ukazuje analitičaru je li analitički postupak u ili izvan statističke kontrole. Primjer kontrolnih karata pri spektrofotometrijskom određivanju amonijaka prikazane su slikom 1⁽²⁾.

Pravila interpretacije kontrolne karte:

- 1 točka izvan kontrolne granice (prekini mjerenje, provedi korekciju, dokumentiraj, ponovi kontrolu standardnog uzorka)-**vidi slučaj 4 i 16 podgrupe na slici 1.**
- 2 ili više uzastopnih točaka između granice kontrole i upozorenja (W) (nastavi rad, procjeni izvor greške, provedi korekciju, dokumentiraj)-**nema slučajeva na kartama na sl.1.**
- 7 ili više uzastopnih točaka na istoj strani od središnje crte ili je za nekoliko uzastopnih točaka na istoj strani od središnje crte prisutan trend rasta ili pada (nastavi rad, upozorenje na moguću degradaciju reagensa, uzorka, problem obrade uzorka, loša oprema i sl., provedi korekciju, dokumentiraj)-**nema slučajeva.**

Obrađeni rezultati mjerenja 24-satnih uzoraka uspoređuju se s propisanim preporučenim i graničnim vrijednostima u smislu ocjene kakvoće zraka i kategorizacije područja za jednogodišnje mjerenje. Razina poluautomatskog mjerenja zadovoljava zakonske ciljeve mjerenja.



Slika 1. $\bar{X}$ i R kontrolna karta za standard poznate koncentracije (20 $\mu\text{g}/9\text{ml}$) pri spektrofotometrijskom određivanju NH_3

Automatsko mjerenje koncentracija amonijaka i dušikova dioksida u zraku kutinskog područja

Sustav automatskog mjerenja sastoji se od:

- mjerne postaje opremljene automatskim analizatorom uz mogućnost prikaza, memoriranja i prijenosa izmjerenih vrijednosti
- mreže za prijenos podataka tj. telefonske linije s modemima
- osobnog računala (PC) s programom za upravljanje i nadzor rada analizatora, pohranu, obradu i prikaz podataka
- zasebnih meteoroloških mjerenja (u planu povezivanje u automatskim sustav mjerenja onečišćenosti zraka)
- pristupa bazi podataka zainteresiranim stranama (u planu direktno uključivanje ostalih korisnika u sustav)

Automatsko mjerenje zahtjeva također provođenje niza aktivnosti u smislu osiguranja pouzdanosti mjerenja⁽³⁾. Program osiguranja pouzdanosti mjerenja prikazan je tablicom 2. Kritična točka programa osiguranja pouzdanosti mjerenja, zbog niskog koncentracijskog područja (ppb) i reaktivnosti plinova, upravo je točna i stabilna standardna plinska smjesa za kalibraciju s odgovarajućim izlaznim ventilima i spojevima^{(4) (5)}.

Tablica 2. Program osiguranja pouzdanosti automatskog mjerenja

Radnja	Frekvencija	Standardna smjesa čistoti
Provjera nule	-dnevno	aplikacija i certifikat sa sigurnošću na najviše razine.
Provjera područja ("span-check")	jednomputa mjese	Standardna smjesa kalibracijskih plinova specificirane koncentracije uz certifikat sa sigurnošću na najviše razine.
Kalibracija analizatora	-temeljem rezultata provjere nule i raspona (eng span)	Standardna smjesa kalibracijskih plinova specificirane koncentracije uz certifikat sa sigurnošću na najviše razine.
Provjera radnih parametara analizatora	-stalni dnevni nadzor	Instrument ima stalni prikaz stanja svih ključnih parametara za svoj pouzdan rad uz mogućnost izlaza u slučaju njihova odstupanja.
Nadzor rada grijača vode za uzorkovanje	-povremeno (npr. jednom na mjesec)	Grijani vodi za uzorkovanje kako bi se spriječio stvaranje.
Redoviti održavanje analizatora	-prema programu i financijsko	Redoviti dijelovi

Osim što daje informaciju u stvarnom vremenu, omogućava direktnu korelaciju s meteorološkim parametrima, daje prikaz dnevnog hoda koncentracija, detektira trenutne pojave visokih koncentracija i olakšava otkrivanje "ilegalne" emisije, automatsko mjerenje ne ovisi direktno o znanju i vještini analitičara kao kod klasične metode. Generiranje velikog broja podataka što bi za konačnu ocjenu kakvoće zraka mogao biti problem rješava se korištenjem programa za obradu podataka na računalu

koji postaje sastavni dio modernih analizatora. Nedostatak u odnosu na klasično mjerenje, za naše prilike, i nadalje ostaje ovisnost o servisu pri poremećajima u radu i potrebna financijska sredstva. Iako cijena pojedinačnog analizatora postaje sve prihvatljivija preporuča se uspostava automatske postaje tj. automatskog praćenja više onečišćenja i meteoroloških parametara, što uz potreban dodatni pribor (klima uređaj, dilutor i sl.) znatno poskupljuje uspostavu ove razine mjerenja.

Usporedba rezultata mjerenja klasičnom ne-automatskom metodom i automatskim analizatorom

Obradeni rezultati mjerenja prikazani su tablicom 2. Trenutne koncentracije koje se prikazuju na displeju instrumenta (smješten u mjernoj postaji koja je udaljena od emitera) i monitoru PC (smješten u prostorijama Laboratorija za zaštitu okoliša) pohranjuju se kao 1 satni prosjek u memoriju računala, a zatim se statistički obrađuju. Kretanje dnevnih koncentracija amonijaka izmjerenih klasično i pomoću analizatora prikazani su na slici 2.

Tablica 2. Rezultati mjerenja amonijaka i dušikova dioksida klasičnom metodom i automatskim analizatorom

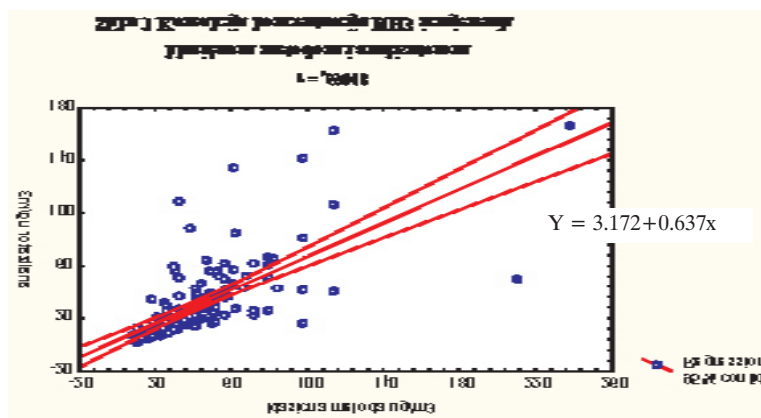
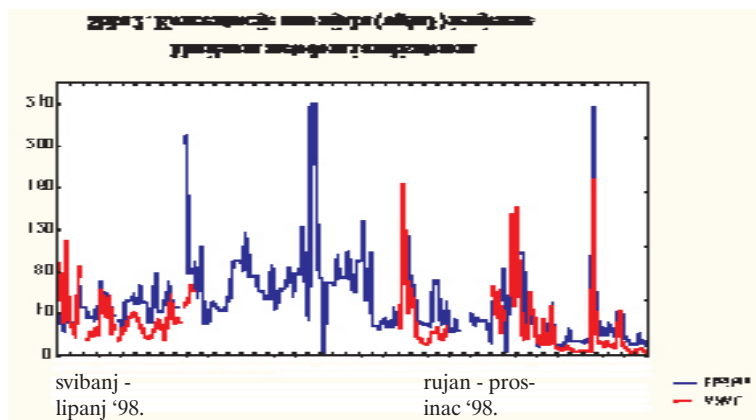
Mjerenje	N	C srednje- $\mu\text{g}/\text{m}^3$		Cmax- $\mu\text{g}/\text{m}^3$		koeficijent korelacije
		klasični metoda	analizator	klasični metoda	analizator	
Dušikov dioksid	135	20	18*	70	53*	0,41
Amonijak	123	44	32*	238	167*	0,69

N....broj podataka, * iz trenutnih mjerenja izračunati 1 satni prosjeci , a iz 1 satnihprosjeaka izračunat 24 satni prosjek

Koeficijenti korelacije pokazuju da postoji značajna korelacija ($r = 0.69$, $P < 0.05$) između ove dvije razine mjerenja za amonijak (slika 3) i izvjesna korelacija ($r = 0.41$, $P < 0.05$) za dušikov dioksid ali je za amonijak razlika u srednjim koncentracijama bila statistički značajna ($t = 6.17$, $p = 0.000$) iako prihvatljiva. Dobivene razlike tumače se činjenicom da su 24-satne prosječne koncentracije izračunate iz 1-satnih prosječnih koncentracija (dobivenih iz trenutnih mjerenja analizatora) uspoređene s koncentracijama određenima klasičnom metodologijom (24-satni uzorci), odnosno bitnom razlikom u tehnici mjerenja.

Zaključak

Izbor razine mjerenja koncentracija onečišćenja u zraku ovisi prvenstveno o cilju uspostave mreže praćenja. Za industrijska područja neosporne su prednosti automatskog mjerenja zbog detekcije mogućih visokih koncentracija u stvarnom vremenu i brzog poduzimanja korekcijskih mjera u radu emitera.



Literatura

1. BS 1747: Part 3:1969
2. Avirović, G. i Džajo, M.:1999.,Osiguranje pouzdanosti rutinskog spektrofotometrijskog mjerenja, XVI. hrvatski skup kemičara i kemijskih inženjera, Split
3. Tipuri, V. : 1995., Building up a modern ambient-air monitoring station/network or updating an existing one, 10th World Clean Air Congress, Espoo, Finland (paper from technical excursion to Helsinki metropolitan area council , Environmental office)
4. Air products V.V./ S.A. : 1995,Low cocentration calibration gases for ambient air monitoring, 10th World Clean Air Congress, Espoo, Finland
5. Irven, J.: 1995, Calibration Mixtures for Air Pollution Monitoring, 10th World Clean Air Congress, Espoo, Finland
6. Izvještaj o kakvoći zraka na području djelovanja Petrokemije d.d. u 1998.g. (interno izvješće)



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Barbalić, N.¹, Marijan, G.¹

Višedimenzijsko obilježje funkcije rizika onečišćujućih tvari u zraku i njeno određenje u 3-D potprostoru

Sažetak: Postojanje onečišćujućih tvari u zraku uvjetuje imisijske tokove k prijamnicima u prostoru i, dalje, imisijske učinke u tih prijamnika. Rizik imisijskog učinka u svakog pojedinačnog prijamnika je slučajna funkcija većeg broja varijabli, na temelju koje se, uopćenjem, uz izbor grupa prijamnika i razreda imisijskih učinaka, oblikuje jedna idealizirana, opća funkcija rizika. Analizirana su svojstva te funkcije i navedena su područja varijacije osnovnih parametara. Ukazano je na višedimenzijsko obilježje funkcije rizika te njeno pojednostavljenje do trodimenzijskih potprostora. Određen je tok i temeljne značajke te funkcije u 3-D potprostoru uz odgovarajuću grafičku interpretaciju. Razmatrano je značenje takvog predloška u postupcima razredbe kakvoće zraka.

Multidimensional Basis of Risk Function of the Air Pollutants and its Determination in the 3-D Space

Summary: Existence of the pollutants in the ambient air causes immission flows to the various immission receptors being present in it and consequently influences the effects on them. The risk of an immission effect on each of the individual receptors is a random function of great number of variables. By generalising, an idealised, general risk function by an adequate choice of receptor groups as well as of corresponding immission effects could be developed. Possible properties of that function are discussed and domain of variation of the basic parameters are noted. Multidimensional character of the general risk function was underlined and its simplifying to 3-D subspace was performed. Basic characteristics of that simplified function were described and its qualitative graphical interpretation was given. By means of such a model some key steps in the procedure of air quality estimation were explained.

¹ Nikola Barbalić, Goran Marijan, HEP – Sektor za termoelektrane

1. Uvod

Kakvoća zraka u svakoj točki M prostora $\mathcal{G}$ u razdoblju $T \equiv [t_0, t_0 + T]$, iskazana je potpuno poljima koncentracija svake pojedine onečišćujuće tvari [1]:

$$c_{\zeta} = c_{\zeta}(\vec{r}, t) \quad M(\vec{r}) \in \mathcal{G}, \quad t \in T, \quad \zeta = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Nužan uvjet imisijskih učinaka je prijelaz – imisija onečišćujućih tvari iz zraka na prijamnik a nužan uvjet prijelaza svake onečišćujuće tvari ζ iz zraka na imisijski prijamnik u vremenskom razmaku $[t_1, t_2]$ jest da je imisijska količina u tom vremenskom razdoblju pozitivna:

$$Q[t_1, t_2] \triangleq \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt = \int_{t_1}^{t_2} \oint_{F_I} c \cdot (\vec{v} \cdot \vec{n}_0) dF_I dt > 0 \quad (2)$$

gdje su: $I(t)$ – imisijski tok; $c = c(\vec{r}, t)$ – koncentracija onečišćujuće tvari ζ , $\vec{v} = \vec{v}(\vec{r}, t)$ – brzina onečišćujuće tvari ζ kojom se ona giba k prijamniku, $F_I = F_I(\vec{r}, t)$ – ovojna površina oko prijamnika, $\vec{n}_0$ – jedinični vektor površine F_I (pozitivan u smjeru k prijamniku). Sa stajališta učinaka, u većine, osobito u živih prijamnika, poznavanje imisijske količine u istom vremenskom razdoblju nije dovoljno. Nužno je poznavanje njene “vremenske raspoređenosti”, tj. imisijskog toka $I(t)$, $t \in [t_1, t_2]$, a za prijamnike većih prostornih razmjera (ne mogu se smatrati “točkom”) nužno je poznavanje i “raspodjele” imisijskog toka po ovojnoj površini prijamnika, tj. gustoće imisijskog toka: jer, može se pokazati važnim, za učinke, u kojim dijelovima prijamnika se odvija veći ili manji imisijski prijelaz.

Prema [1], ostvarenje funkcija gustoće toka onečišćujuće tvari ζ glede prijamnika u prostoru $\mathcal{G}$ i razdoblju T , cjelovito je određeno imisijskim i prijamskim uvjetima. Imisijski uvjeti prostora $\mathcal{G}$ u razdoblju T jesu: (i) polje koncentracija; (ii) polja svih veličina (vektora brzine zraka, tlaka, temperature,...) koje utječu, tj. mogu utjecati na vektor brzine onečišćujućih tvari na ovojnoj površini prijamnika. Prijamski uvjeti pojedinog prijamnika jesu: (i) položaj svake točke površine prijamnika u razdoblju T ; (ii) vrijednost, u razdoblju T , svih svojstava prijamnika koja utječu na vektor brzine onečišćujućih tvari na ovojnoj površini prijamnika.

Bitan zadatak u postupku ocjene kakvoće zraka jest: na temelju koncentracijskih polja $c_{\zeta}(\vec{r}, t)$ onečišćujućih tvari ζ ($\zeta = 1, 2, \dots$), u prostoru $\mathcal{G}$ u razdoblju T , utvrditi rizik nastupanja imisijskih učinaka $\varepsilon_j = \{\alpha, \beta, \dots\}_j$ u svake uvažavane prijamne grupe P_j , ($j = 1, m$), gdje je m ukupni broj uvažavanih prijamskih grupa.

2. Opća funkcija rizika

Sve nabrojene promjenjive veličine u okviru jednadžbe (2) slučajne su funkcije vremena, tj. svakom pojedinačnom prijamniku iz grupe P_j pridružena je u razdoblju

T slučajna vremenska funkcija $I_\zeta(t)$ imisijskog toka i to za svaku onečišćujuću tvar $\zeta (\zeta = 1, 2, \dots)$ posebno. Rizik r_ε nastupanja imisijskog učinka ε u grupe P_j je tada:

$$r_\varepsilon(I_1(t), I_2(t), \dots, I_\zeta(t), \dots) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n_\varepsilon}{N}, \quad (r_\varepsilon \in [0, 1]) \quad (3)$$

gdje je n_ε broj od ukupno N prijamnika u kojih bi, pri imisijskim tokovima $I_\zeta(t)$, ($\zeta = 1, 2, \dots$), učinak bio ε . Jasno je da, zbog svoje složenosti, određenje iskazano jednadžbom (3) ima samo formalno značenje. Na današnjoj razini znanja nužna su pojednostavljenja [1]: (i) u odnosu prema riziku koji uvjetuje, svaka onečišćujuća tvar promatra se izdvojeno, (ii) umjesto ovisnosti rizika o imisijskom toku (jedn. 3.), razmatra se ovisnost rizika o vrlo pojednostavljenim model funkcijama, i to izdvojeno za pojedine prijemne grupe, tj.

$$r_\varepsilon = r_\varepsilon(c, t; \varepsilon) \quad (4)$$

gdje, nešto jednostavnije rečeno, r_ε označava rizik učinka ε pri približno stalnoj koncentraciji c u trajanju t . Opća, idealizirana funkcija rizika (i to u odnosu samo prema izdvojeno promatranoj onečišćujućoj tvari ζ), na današnjoj razini znanja, trebala bi biti poopćenje funkcije izražene jedn. (4). Prema [1, 2], takva opća funkcija rizika može se odrediti jednadžbom:

$$R(c, t) = \sum_{j=0}^n z(P_j) \cdot \sum_{i=1}^{m_j} w(\varepsilon_j) \cdot r_{\varepsilon_j}(c, t, \varepsilon) \quad (5)$$

gdje su: P_j – grupe prijamnika koje se uvažavaju; $z(P_j)$ – utežni čimbenik značenja grupe P_j prijamnika; ε_{ij} – i -ti imisijski učinak u j -te prijemne grupe; $w(\varepsilon_{ij})$ – utežni čimbenik značenja učinka ε_{ij} , i gdje vrijedi:

$$\sum_{j=0}^n z(P_j) = 1, \quad \sum_{i=1}^{m_j} w(\varepsilon_j) = 1, \quad (z, w \in [0, 1]) \quad (6)$$

Iz sklopa jednadžbe (5) slijedi da je opća funkcija “utežni intenzitet” veličine, čije sastavnice su funkcije $r_{\varepsilon_j}(c, t; \varepsilon)$, iz jednog $(n \times m_j)$ - dimenzijskog prostora ($m_j = \max_j m_j$). Međutim, promatrane izdvojeno, za izabranu vrijednost j (znači, za izabranu prijemnu grupu) te funkcije-sastavnice se mogu predstaviti u trodimenzijskom prostoru (o, t, c, r) , u obliku:

$$r_\varepsilon = r(c, t; \varepsilon) \quad (\varepsilon = \alpha, \beta, \gamma, \dots) \quad (7)$$

tj. familijom površina za različita značenja ε .

3. Grafičko predstavljanje funkcija rizika

Na temelju iskustveno utvrđenih svojstava [3,4] za familiju funkcija $r(c, t; \varepsilon)$ može se bez dvojbe ustvrditi:

(i) definicijsko područje:

$$D = \{t \in [0, \infty) \mid c \in [0, c_p]\}, \quad (8)$$

gdje je uvaženo da se c može povećavati najviše do vrijednosti gustoće onečišćujuće tvari u normiranim uvjetima – c_p ,

(ii) ako se isključe vrlo iznimni slučajevi u nekih prijamnika [2], svaka funkcija ρ_ε ($\varepsilon = \alpha, \beta, \dots$) je monotonno neopadajuća u odnosu prema t i c , tj.:

$$\frac{\partial r_\varepsilon}{\partial t} \geq 0; \quad \frac{\partial r_\varepsilon}{\partial c} > 0 \quad \forall (t, c) \in D \quad (9)$$

(iii) graf funkcije jest po dijelovima glatka površina koju tvore: jedna (u općem slučaju) zakrivljena površina, monotonno rastuća po t i c , i dijelovi ravnina $r = 0$ i $r = 1$. Dalje, nužno je u obzir uzeti uobičajeni oblik razinskih krivulja u ravninama $(0, t, c)$ i $(0, c, r)$ koje se dobivaju kao rezultat toksikoloških i epidemioloških istraživanja [3 – 5]. Uvažavanjem navedenih svojstava, i uz pretpostavke:

- (i) za svako ε postoji $c_{\varepsilon 0}$ takvo da je za $c \leq c_{\varepsilon 0}$ rizik učinka ε , i nakon beskonačno dugog vremena, jednak nuli;
- (ii) za svako ε postoji $c_{\varepsilon \max}$ takvo da učinak ε nastupa (praktički) trenutačno (za $t = 0$), može se pouzdano, kvalitativno, odrediti graf funkcije $r(t, c; \varepsilon)$, ($\varepsilon = \alpha, \beta, \dots$), za prijamsku grupu P_j u odnosu prema onečišćujućoj tvari ζ . Graf te funkcije prikazan je na slici 1. Na slikama 2. – 4. prikazane su razinske krivulje površina r_ε , ($\varepsilon = \alpha, \beta, \gamma$) u odnosu prema ravninama, redom, $t = 0, c = 0, r = 0$.

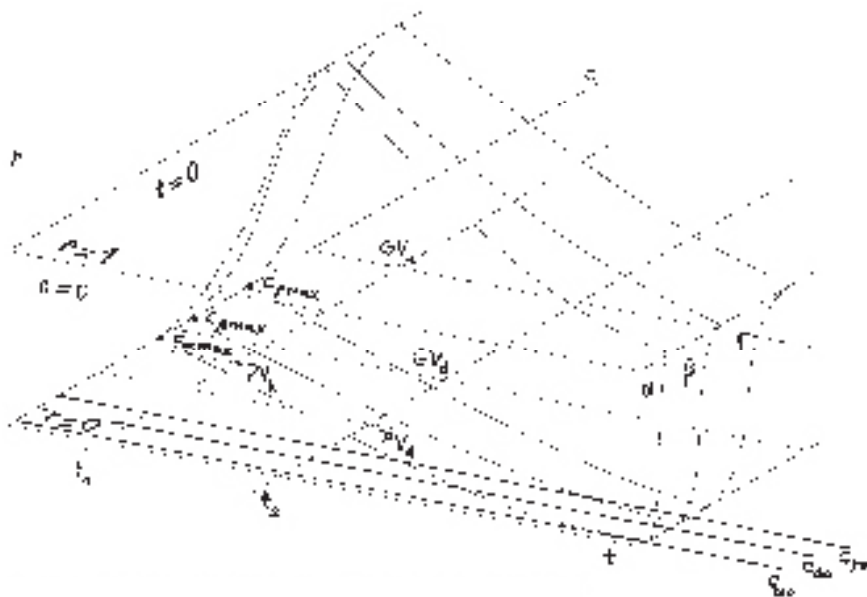
Ako se pretpostavi da ljestvica vrijednosti t i c odgovara upravo onoj koja se primjenjuje u postupku procjene kakvoće zraka u Hrvatskoj [6] tada je veličinama PV_k, PV_d, GV_k, GV_d (k – “kratkotrajno”; d – “dugotrajno”) u ravni $r = 0$ (sl. 1. i 4.) pridružena po jedna točka (t_0, c_0) , čija aplikata određuje rizik kojem je, glede onečišćujuće tvari ζ , pripadnik prijamske grupe P_j izložen u graničnom slučaju, pri ispunjenju pojedinih od navedenih graničnih veličina. Grafički prikaz točaka PV_k, PV_d, GV_k, GV_d u odnosu prema površinama r_ε te njihova projekcija u koordinatnim ravninama $t = 0, c = 0$ i, posebno, u $r = 0$ [5] pruža cjelovit uvid u smisao postupka procjene kakvoće zraka na temelju graničnih vrijednosti. Npr., s obzirom na određenje u Zakonu [7], idealno bi bilo ako bi se za svaku prijamsku grupu P_j moglo izabrati da vrijedi:

$$r_\varepsilon(PV_k) = r_\varepsilon(PV_d); \quad r_\varepsilon(GV_k) = r_\varepsilon(GV_d) \quad (10)$$

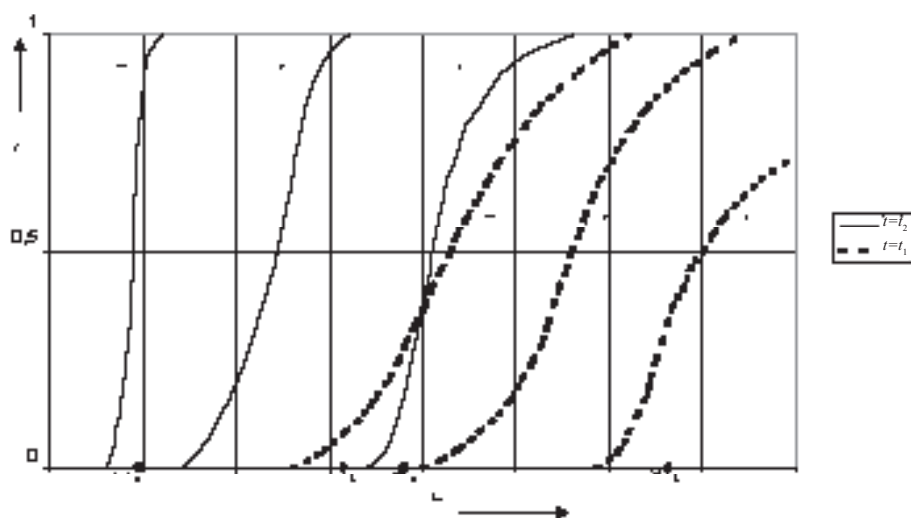
ili, još bolje, da se granice među željenim (dovoljnim) brojem razreda (kategorija) kakvoće zraka mogu zadati s pomoću krivulja ($i = 1, 2, \dots$):

$$r_{\varepsilon_i} = r(t, c; \varepsilon) \quad r_i = C_i \quad (i = 1, 2, \dots); (C_i = \text{const.}) \quad (11)$$

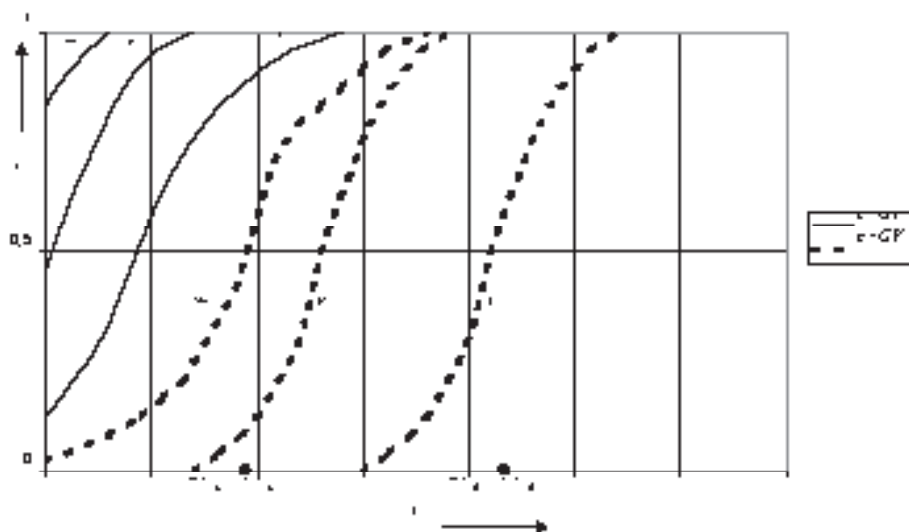
No, to je, zasad, zadatak budućeg razvoja postupka i razredbe kakvoće zraka.



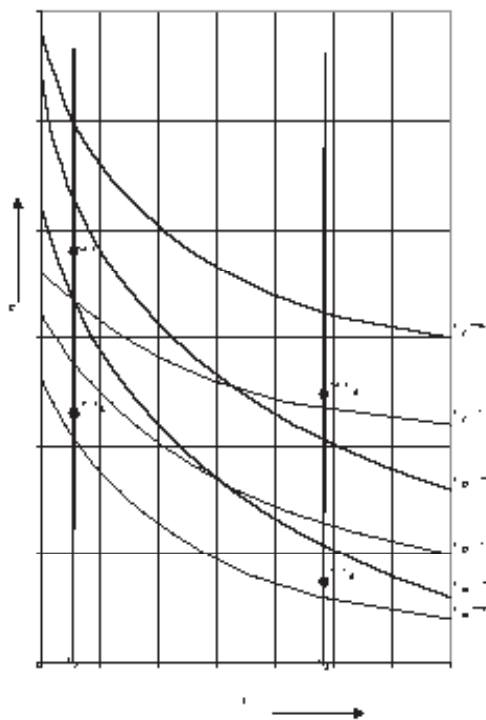
Slika 1. a) Familije površina $r_{\varepsilon}(t, c; \varepsilon)$ - aksonometrijski prikaz



Slika 2. Razinske krivulje familije $r_{\varepsilon}(t, c; \varepsilon)$ u odnosu prema ravнини $t = 0$



Slika 3. Razinske krivulje familije $r_\epsilon(t, c; \epsilon)$ u odnosu prema ravni $r = 0$ pojednostavljene funkcije u 3-D prostoru i njene razinske krivulje u koordinatnim ravnima pružaju jasan uvid u postupak ocjenjivanja i razredbe kakvoće zraka.



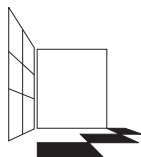
Slika 4. Razinske krivulje familije $r_\epsilon(t, c; \epsilon)$ u odnosu prema ravni $r = 0$

4. Zaključak

Temeljni zadatak postupaka vrednovanja kakvoće zraka jest: koncentracijskim poljima onečišćujućih tvari pridružiti rizik nastupanja imisijskih učinaka u pojedinim prijemskih grupa. Objedinjavanjem rizika u svih uvažavanih prijemskih grupa i učinaka unutar tih grupa, dobije se idealizirana, opća funkcija rizika. Svođenjem te funkcije na oblik koji je primjeren jedne, određene prijamske grupe o vremenu izloženosti pojedinim vrijednostima koncentracije (samo) jedne, određene onečišćujuće tvari. Grafički prikaz tako pojednostavljene funkcije u 3-D prostoru i njene razinske krivulje u koordinatnim ravninama pružaju jasan uvid u postupak ocjenjivanja i razredbe kakvoće zraka.

Literatura

1. Barbalić N., Jelavić V.: Ocjena kakvoće zraka: (I.) Sastavnice postupka ocjene kakvoće zraka; imisijske veličine i značenje mjernih vrijednosti koncentracije onečišćujućih tvari, (II.) Značenje imisijskih i prijemskih uvjeta u imisijskom prijelazu; Imisijski rizik, *Gospodarstvo i okoliš* 5 (1997), str. 209 – 215, 389 – 393,
2. Barbalić N., Marijan G., Jelavić V.: Razvoj teorijskog predloška za procjenu uvjeta o kakvoći zraka za nove termoelektrane na ugljen, *Energija* 47 (1998), str. 357 – 374,
3. VDI 2309/1, Ermittlung von Maximalen Immissions-Werten: Grundlagen, Blatt 1, Beuth Verlag GmbH, Berlin 1983,
4. VDI 231/1, Zielsetzung und Bedeutung der Richtlinien “Maximale Immissions-Werte”, Blatt 1, Beuth Verlag GmbH, Berlin 1988,
5. Barbalić N., Jelavić V.: Temelji sustavne izgradnje i/ili poboljšanja postupka za ocjenu kakvoće zraka, Znanstveno – stručni skup “Zaštita zraka 97”, Priopćenja, str. 75 – 81, Crikvenica 1997,
6. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, *Narodne novine* br. 101., str. 4198 – 4200, 1996,
7. *Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine* br. 48., str. 1452 – 1458, 1995.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Čačković, M.¹, Vadić, V.¹, Šega, K.¹

Sulfati, nitrati i kloridi u frakcijama različitih veličina lebdećih čestica

Sažetak: Prikazani su početni rezultati određivanja sadržaja klorida, nitrata, i sulfata u inhalabilnoj i respirabilnoj frakciji lebdećih čestica mjerenih na jednom mjernom mjestu u Zagrebu tijekom jeseni 1998. i proljeća 1999. godine. Rezultati pokazuju da se pretežni dio navedenih onečišćenja nalazi u respirabilnoj frakciji lebdećih čestica, te da njihov doprinos ukupnoj masi čestica iznosi oko 25%. Iako su koncentracije klorida bile pretežito niske, moguće je zaključiti da sva navedena onečišćenja potječu pretežito iz istog izvora.

Sulphates, Nitrates and Chlorides in the Different Size Fractions of Particulate Matter

Summary: The pilot study of chloride, nitrate and sulphate content in inhalable and respirable fraction of airborne particles are presented. Samples were collected at one measuring site in Zagreb during autumn 1998 and spring 1999 periods. The results show that almost overall chloride, nitrate and sulphate content is found in the respirable particle fraction. The average mass contribution of these pollutants to the particle mass amounts to 25%. Although chloride mass concentrations were quite low, it could be assumed that all the pollutants mostly originate from the same source.

Uvod

Povezanost između onečišćenja zraka i štetnog utjecaja na zdravlje ljudi, te morbiditeta i mortaliteta, a napose povezanost onečišćenja zraka lebdećim česticama, tema je mnogobrojnih epidemioloških studija (1). Lebdeće čestice u organizam ulaze udisanjem, a frakcija lebdećih čestica koja će udisanjem ući u organizam ovisi o svojstvima i sastavu čestica, brzini i smjeru strujanja zraka u neposrednoj blizini tijela, te brzini i načinu udisanja (nos, usta). Mjesto deponiranja čestica ili vjerojatnost za njihovo izdisanje ovisi o svojstvima čestica, svojstvima dišnog sustava i navikama disanja (2). Topljive komponente čestica apsorbiraju se u tkivo i prouzrokuju oštećenja na mjestima apsorpcije (korozivne, radioaktivne i druge štetne čestice), dok netopljive čestice mogu biti transportirane i adsorbirane

1 Mirjana Čačković, Vladimira Vadić, Krešimir Šega, Jedinica za higijenu okoline, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada

na drugim mjestima dišnog sustava ili organizma, te također izazvati neželjene biološke efekte.

Istraživanja pokazuju da praćenje razina koncentracija samo ukupnih lebdećih čestica nije dostatno, te da je povezanost štetnih efekata bolja s razinama koncentracija pojedinih frakcija veličina čestica. Li i suradnici utvrdili su u in vivo i in vitro opitima da frakcija lebdećih čestica ekvivalentnog aerodinamičkog promjera manjeg od $10\text{ }\mu\text{m}$ (PM10) uzrokuje oksidativni stres i indukciju slobodnih radikala na staničnoj razini i promjene na respiratornom epitelu (3). Lippmann i suradnici prikazali su značajnost povezanosti između mortaliteta i morbiditeta s razinama ukupnih lebdećih čestica (ULČ), razinama frakcija lebdećih čestica ekvivalentnog aerodinamičkog promjera manjeg od $10\text{ }\mu\text{m}$ (PM10), odnosno $2.5\text{ }\mu\text{m}$ (PM2.5) i sulfata nizom kako slijedi (4):

$$\text{ULČ} < \text{PM10} < \text{PM2.5} \leq \text{SO}_4^{2-}$$

Vidljivo je da je kiselost aerosola (sulfati su najbolji surogat-pokazatelj za H^+ ione) jedan od značajnijih čimbenika.

U ovom su radu prikazani rezultati preliminarnih istraživanja masenih koncentracija klorida, nitrata i sulfata u frakcijama lebdećih čestica PM10 i PM2.5.

Metode

Mjerna postaja i razdoblje uzorkovanja

Uzorci lebdećih čestica sakupljani su tijekom 24-satnih razdoblja od studenog 1998. do lipnja 1999. godine na mjernoj postaji smještenoj na sjevernom dijelu Zagreba.

Sakupljanje uzoraka

Frakcije PM10 i PM2.5 lebdećih čestica sakupljane su na membranskim filterima (Millipore SSWP09025; AAWP09025) veličine pora $0.8\text{ }\mu\text{m}$ iz prosječnog volumena zraka od 100 m^3 , odvajanjem nerespirabilnog dijela čestica iz uzorka uporabom impaktora.

Analiza uzoraka

Masena koncentracija frakcija PM10 i PM2.5 lebdećih čestica određena je gravimetrijski (5), dok su masene koncentracije u vodi topljivih klorida, nitrata i sulfata u česticama određene metodom ionske kromatografije na uređaju DI-ONEX-DX120, nakon ekstrakcije u ultrazvučnoj kupelji (6).

Rezultati i rasprava

Masene koncentracije klorida, nitrata i sulfata u pojedinim frakcijama veličina lebdećih čestica

U Tablici 1. prikazani su sumarni rezultati masenih koncentracija klorida, nitrata i sulfata. S obzirom na to da su raspodjele koncentracija asimetrične s pomakom

u desno, kao bolji pokazatelji prikazani su medijani koncentracija, te vrijednosti prvog i trećeg kvartila. Vidljivo je da postoji mala razlika mjera centralne tendencije između koncentracija pojedinog sastojka u navedenim frakcijama veličina lebdećih čestica.

Tablica 1. Masene koncentracije klorida, nitrata i sulfata u lebdećim česticama ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Frakcija	n	min	medijan	mod	max	SD
Cl-10	122	0.394	0.000	1.987	0.343	0.089
Cl-2.5	125	0.234	0.000	1.587	0.202	0.072
NO ₃ -10	122	4.958	0.216	22.885	3.150	1.917
NO ₃ -2.5	125	4.735	0.575	24.771	2.700	1.400
SO ₄ -10	122	6.378	0.028	38.080	4.700	2.124
SO ₄ -2.5	125	6.231	0.921	23.539	4.620	3.052

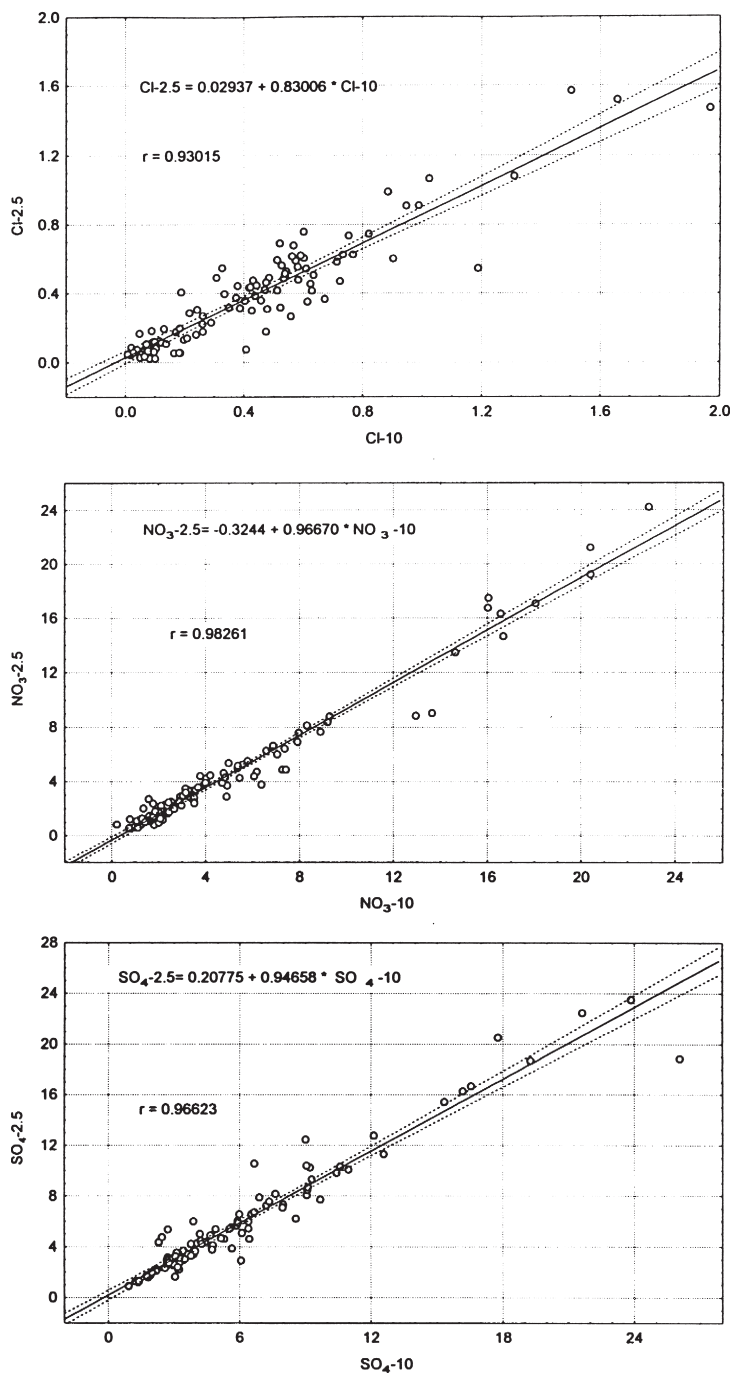
Rezultati regresijske analize koncentracija klorida, nitrata i sulfata u različitim frakcijama veličine čestica prikazani na Slici 1. pokazuju da se pretežan sadržaj klorida (83%) nalazi u česticama ekvivalentnog aerodinamičkog promjera $< 2.5 \mu\text{m}$, dok isto vrijedi za gotovo cjelokupni sadržaj nitrata i sulfata (95%).

Udjeli masa klorida, nitrata i sulfata u ukupnoj masi lebdećih čestica

Udjeli masa klorida, nitrata i sulfata u ukupnoj masi uzorka pojedine frakcije lebdećih čestica prikazani su u Tablici 2. Ponovno je potrebno naglasiti da se zbog asimetrične raspodjele vrijednosti udjela, medijani i vrijednosti prvog i trećeg kvartila pokazuju kao bolji izbor mjera centralne tendencije od prosječnih vrijednosti. Vidljivo je da se ukupni doprinos mase klorida, nitrata i sulfata masi lebdećih čestica kreće oko 25% (Tablica 2). S obzirom na već ranije istaknutu činjenicu, da se gotovo cjelokupan sadržaj pojedinog sastojka u lebdećim česticama nalazi u česticama ekvivalentnog aerodinamičkog promjera $< 2.5 \mu\text{m}$, razlika u iznosima udjela pojedinog sastojka u različitim frakcijama, većim je dijelom posljedica razlike koncentracija samih čestica.

Tablica 2. Udjeli masa klorida, nitrata i sulfata u lebdećim česticama ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Frakcija	n	min	medijan	mod	max
Cl-10 udio	110	0.010	0.010	0.000	0.013
Cl-2.5 udio	112	0.020	0.011	0.000	0.015
NO ₃ -10 udio	120	0.117	0.088	0.005	0.147
NO ₃ -2.5 udio	120	0.124	0.100	0.072	0.100
SO ₄ -10 udio	121	0.173	0.141	0.100	0.194
SO ₄ -2.5 udio	120	0.200	0.170	0.124	0.241



Slika 1. Odnosi masenih koncentracija klorida, nitrata i sulfata između frakcija lebdećih čestica PM₁₀ i PM_{2.5} ($\mu\text{g m}^{-3}$)

Međusobna povezanost koncentracija pojedinih onečišćenja

Vrijednosti koeficijenata korelacije između masenih koncentracija onečišćenja prikazane su u Tablici 3. Vidljiva je izrazita međusobna povezanost sadržaja nitrata i sulfata (> 65% zajedničke varijance), te njihova nešto slabija povezanost s koncentracijama klorida u obje frakcije veličina čestica, što upućuje na značajan doprinos zajedničkog izvora onečišćenja. Također je vidljiva povezanost koncentracija svih sastojaka s koncentracijama obje frakcije čestica. Niži iznosi koeficijenata korelacije za kloride vjerojatno su djelomično posljedica relativno malih uzoraka (analiza sadržaja iz četvrtine uzorka) kao i niskih izmjerenih koncentracija.

Tablica 3. Korelacije između koncentracija onečišćenja ($P < 0.01$; $P < 0.001$)

	LE 10	LE 2.5	Cl 10	Cl 10 cm	Cl 2.5	Cl 2.5 cm	NO ₃ ⁻ 10	NO ₃ ⁻ 10 cm	NO ₃ ⁻ 2.5	NO ₃ ⁻ 2.5 cm	SO ₄ ²⁻ 10	SO ₄ ²⁻ 10 cm	SO ₄ ²⁻ 2.5	SO ₄ ²⁻ 2.5 cm
LE 10	1	0.5476	0.0894	0.7955	0.5520	0.2740	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459
LE 2.5		1	0.1672	0.3005	0.4474	0.1944	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459
Cl 10			1	0.0449	0.0449	0.0449	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459
Cl 10 cm				1	0.0449	0.0449	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459
Cl 2.5					1	0.0449	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459
Cl 2.5 cm						1	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459
NO ₃ ⁻ 10							1	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459
NO ₃ ⁻ 10 cm								1	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459
NO ₃ ⁻ 2.5									1	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459
NO ₃ ⁻ 2.5 cm										1	0.9459	0.9459	0.9459	0.9459
SO ₄ ²⁻ 10											1	0.9459	0.9459	0.9459
SO ₄ ²⁻ 10 cm												1	0.9459	0.9459
SO ₄ ²⁻ 2.5													1	0.9459
SO ₄ ²⁻ 2.5 cm														1

U svrhu potvrđivanja ranije navedenog, te dobivanja bolje slike povezanosti koncentracija između pojedinih onečišćenja, provedena je faktorska analiza nad ukupno 14 varijabli. Izdvajanjem glavnih komponenata, uz uvjet da vlastite vrijednosti budu veće od jedan, te varimax rotaciju, izdvojene su tri virtualne varijable (faktora) koje objašnjavaju ukupno 86% varijance.

Tablica 4. Rezultati faktorske analize

	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
LE 10	0.867	0.237	0.354
LE 2.5	0.880	0.200	0.348
Cl 10	0.378	0.102	0.950
Cl 10 cm	0.259	0.205	0.954
Cl 2.5	0.358	0.011	0.954
Cl 2.5 cm	0.274	0.784	0.382
NO ₃ ⁻ 10	0.942	0.023	0.235
NO ₃ ⁻ 10 cm	0.444	0.762	0.032
NO ₃ ⁻ 2.5	0.923	0.027	0.235
NO ₃ ⁻ 2.5 cm	0.012	0.807	0.049
SO ₄ ²⁻ 10	0.958	0.017	0.006
SO ₄ ²⁻ 10 cm	0.007	0.700	0.502
SO ₄ ²⁻ 2.5	0.950	0.005	0.011
SO ₄ ²⁻ 2.5 cm	0.101	0.842	0.366
% Varijance	0.400	0.282	0.178

Faktor 1 možemo nazvati doprinosom ukupnoj masi čestica, tj. pripisati snazi zajedničkog izvora. Faktor 2 pokazuje povezanost ponderiranih veličina tj. udjela

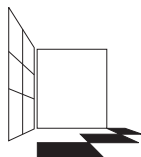
klorida, nitrata i sulfata i neovisan je o masenim koncentracijama čestica. On ukazuje na zajedničko porijeklo, tj. na stabilnost izvora. Faktor 3 pokazuje izdvojenost klorida od ostalih onečišćenja i posljedica je niskih koncentracija klorida. Ovu tvrdnju potvrđuje i rezultat analize ograničene na dva faktora, u kojem se slučaju kloridi priključuju nitratima i sulfatima.

Zaključci

- Rezultati pokazuju da se pretežan sadržaj klorida kao i gotovo cjelokupni sadržaji nitrata i sulfata nalaze u lebdećim česticama ekvivalentnog aerodinamičkog promjera $< 2.5 \mu\text{m}$, Razlike u udjelima pojedinog sastojka u različitim frakcijama, pretežna su posljedica razlike u koncentracijama samih čestica.
- Ukupni doprinos mase klorida, nitrata i sulfata masi lebdećih čestica iznosi oko 25%.

Literatura

1. Pavlović, M., Šimić, D., Jazbec, A., Kovač, S. i Hršak, J.: Broj hitnih slučajeva kroničnih opstruktivnih bolesti pluća (KOPB) u odraslih i onečišćenje zraka u Zagrebu, Priopćenje s prvog hrvatskog znanstveno-stručnog skupa "Zaštita zraka 97", 16.-18. listopada 1997., Crikvenica, 251-257.
2. ISO-7708-1995. Air quality- Particle size fraction definitions for health-related sampling.
3. Li, X.Y., Gilmore, P.S., Donaldson, K., Macnee, W: Free radical activity and pro-inflammatory effects of particulate air pollution (PM10) in vivo and in vitro, Thorax, **51** (12) 1996, 1216-1222.
4. Lippmann, M., Thurston, G.D.: Sulphate Concentrations as an Indicator of Ambient Particulate Matter Air Pollution for Health Risk Evaluations. JEAEE, **6** (2) 1996, 123-146.
5. Određivanje masene koncentracije lebdećih čestica u zraku, Smjernica SD, VJ 203, 1987.
6. Weiss, J.: Ion chromatography, 2-ed, Weinheim, New York, Basel, Cambridge, Tokyo: VCH, 1995.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Gelo, B.¹, Šojat, V.¹, Borovečki, D.¹

Tjedni hod onečišćenja zraka u Zagrebu i promet

Sažetak: *Onečišćenja zraka u gradskim sredinama su u velikoj mjeri posljedica prometa, koji na području Zagreba raste takoreći iz dana u dan. Podaci masenih koncentracija tvari (NO_2 , SO_2 , dim) koje djeluju na razinu onečišćenja, u Zagrebu ukazuju na njihove promjene. Iz raspoloživih podataka u nekim slučajevima tjedni hod se dobro uočava. Dani od ponedjeljka do petka pokazuju povećanje koncentracija (npr. NO_2), za razliku od dana vikenda. Utjecaj godišnjih doba ima važnu ulogu s obzirom na povećanje razine onečišćenja u zimskim danima, a smanjenje u ljetnim.*

Ključne riječi: *onečišćenje, promet, dušikov oksid*

Weekly Course of Air Pollution in Zagreb and Traffic

Summary: *Air pollution in urban surrounding is mainly the result of traffic density, which in Zagreb grows from day to day. Data of air pollution levels (NO_2 , SO_2 , smoke) in Zagreb show their variability. From available data weekly trend of air pollution can be identified. Days from Monday to Friday show increasing of air pollution (NO_2), in contrast to weekend days. Weekly trend depends on the season of the year, and it shows an increase of air pollution during winter, and decrease during summer.*

Key words: *air pollution, traffic, nitrogen dioxide*

1. Uvod

Razine koncentracija onečišćujućih tvari jako kolebaju od mjesta do mjesta (gradske, industrijske ili seoske sredine, odnosno otvoreni prostori), tijekom vremena (dana, godine), ali ovisi i o općim vremenskim stanjima (npr. vjetrovita, stabilna ili nestabilna atmosfera) i klimatskim uvjetima.

Glavne onečišćujuće tvari su oksidi dušika (NO_x), sumporov(IV) oksid (SO_2), ugljikov(II) oksid (CO), ozon (O_3) i dim, koje potječu iz raznih emisija.

Općenito, glavni izvor dušikovih oksida (NO_x) je promet, ugljikov(II) oksid (CO) je u velikoj mjeri vezan uz loš rad motora kamiona, dok su za sumporov(IV) oksid (SO_2) izvori energije koji se upotrebljavaju za opskrbu domaćinstava i industrije,

¹ Dr.sc. Branko Gelo, mr.sc. Višnja Šojat i Dunja Borovečki, dipl.inž., Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

npr. ugljen. O njihovim koncentracijama ovisi kakvoća zraka i pojava kiselih kiša (Šojat i dr., 1988; Šojat i Borovečki, 1997; Đuričić i Šojat, 1997).

Naziv NO_x odnosi se na dva različita dušikova spoja i to na NO i NO_2 . Promjenljivost koncentracija oksida dušika je znatna. Tako npr., srednja godišnja koncentracija NO_2 u urbanim sredinama V. Britanije kreće se u rasponu vrijednosti 20 - 90 $\mu\text{g m}^{-3}$. Koncentracije znatno kolebaju tijekom dana s vršnim vrijednostima tijekom najveće prometne gužve. Dnevna najveća koncentracija može biti veća od 498 $\mu\text{g m}^{-3}$ a srednja vrijednost tijekom jednog sata 846 $\mu\text{g m}^{-3}$ (Vojvodić, 1999). U svjetskim razmjerima prirodno nastajanje dušikovih oksida pomoću bakterijske razgradnje, vulkanske djelatnosti ili zbog električnih pražnjenja za nevremena znatno je veće nego ono izazvano antropogenim djelatnostima. Antropogena ispuštanja uzrokovana su uglavnom izgaranjem fosilnih goriva te dolaze iz nepokretnih i pokretnih izvora. Na nepokretne izvore (kod proizvodnje energije) otpada oko 24 %, na pokretne izvore (promet) oko 49 %, dok preostali doprinosi u atmosferi dolaze iz drugih izvora, npr. kod procesa zavarivanja ili uporabe eksploziva.

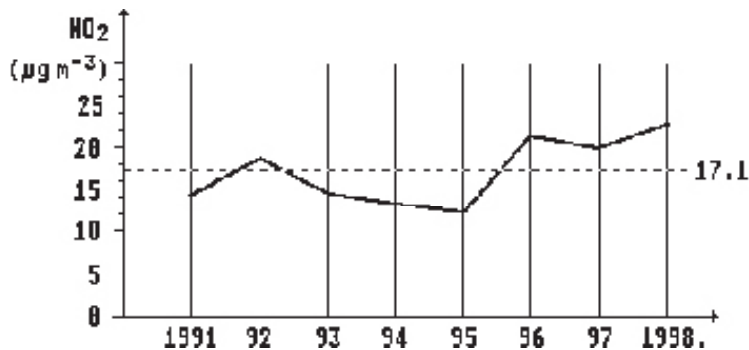
Ukupno utrošena energija u Hrvatskoj u 1997. godini od 100,53 PJ (10^{15} J) povećana je za 2,1 % u odnosu na prethodnu godinu, što je nastavak porasta iz prošlih pet godina. Ta energija raspodijeljena je na opću potrošnju (47,8%), industriju (24,0%) i promet (28,2%), (Vuk, 1998).

U odnosu na prethodnu godinu, u 1997. godini porasla je potrošnja energije u prometu (59,31 PJ) za 5,5 %, što je nastavak porasta iz prošlih pet godina. Potrošnja motornih benzina, čiji je udio u ukupnoj prometnoj energiji 49,6 %, povećana je za 8,3 %. Slično vrijedi za plinska ulja, kojih je udio 41,0 %, uz povećanje potrošnje za 6,3 %. Najveći je pad potrošnje loživih ulja (28,7%), mlaznog goriva (9,5%) i ukapljenog plina (9,4%), no njihov ukupni udio je vrlo malen. Udio cestovnog prometa u ukupnoj energiji utrošenoj u prometu iznosi visokih 85,7 %, a sam cestovni promet se povećao za 8,3 %. Istodobno potrošnja goriva u pomorskom, zračnom i željezničkom prometu je smanjena. Nameće se pitanje u kojoj mjeri ovo povećanje cestovnog prometa utječe na onečišćenje zraka.

2. Analiza rezultata

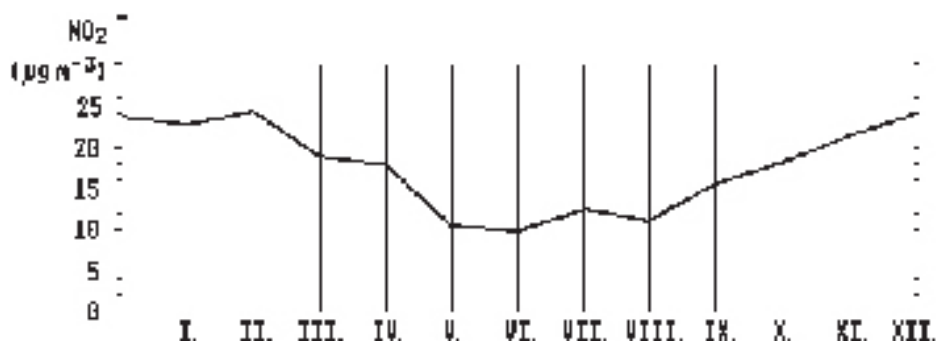
Živimo u okruženju koje je prilično onečišćeno pa ako spoznamo da se te razine onečišćenja još povećavaju postajemo zabrinuti; ipak istina je, neki više, a neki nimalo. Tako su i praćenja onečišćenja zraka na meteorološkoj postaji Zagreb-Grič (na Gornjem gradu) zadnjih godina pokazala povećanje koncentracije NO_2 kao jednog od sastojka onečišćenja nastalo motornim vozilima. Na slici 1. prikazane su promjene onečišćenja zraka s NO_2 od 1991 do 1998. godine, iz koje se vidi nagli porast koncentracije u zadnjih nekoliko godina, s razinama koje prelaze vrijednost 22 $\mu\text{g m}^{-3}$. Za navedeno razdoblje srednja godišnja razina onečišćenja iznosi 17,1 $\mu\text{g m}^{-3}$. Doduše povećanje onečišćenja u 1992.

posljedica je naglog skoka onečišćenja tijekom studenog 1992. kad je srednja vrijednost dosizala $48 \mu\text{g m}^{-3}$, a najveća dnevna vrijednost je iznosila $86 \mu\text{g m}^{-3}$ (DHMZ, 1991-1998).



Sl. 1. Promjene onečišćenja zraka s NO₂ od 1991 do 1998. godine.

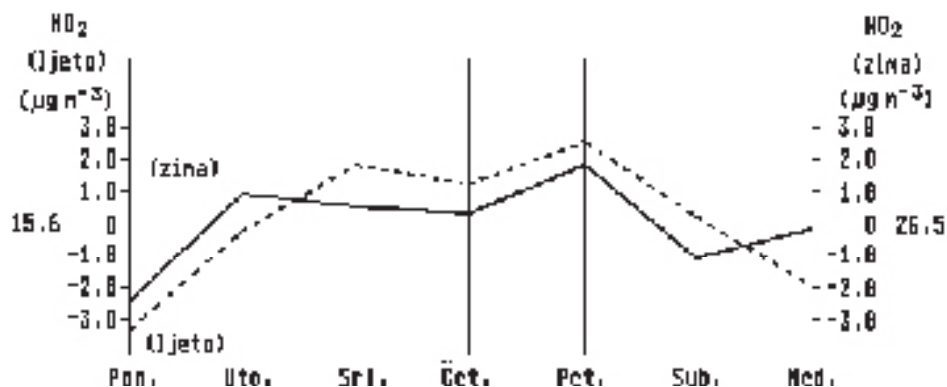
Općenito je poznato da onečišćenje ima svoj godišnji i dnevni hod (Šojat, V., 1977, Pauković, R., 1984, Fugaš, M., 1986). Godišnji hod koncentracija NO₂ prikazan je na slici 2. Nažalost, postaja Zagreb-Grič za sada nema uređaje koji mjere dnevni hod onečišćujućih tvari. Vidljivo je, da su u hladno doba godine koncentracije osjetno više nego u toplom dijelu godine; slijedi da su ljetne vrijednosti dvostruko niže od zimskih.



Sl. 2. Godišnji hod onečišćenja zraka s NO₂ za razdoblje od 1991 do 1998. godine.

Na slici 3. prikazan je tjedni hod koncentracije NO₂ (dobiven iz dnevni koncentracija) što baš nije uobičajeno u meteorologiji, jer "tjedni" procesi nisu tipična prirodna pojava za razliku od dnevnih ili godišnjih procesa. Tjedni hod je uvjetovan ljudskom djelatnošću. Slika 3. prikazuje dva tjedna hoda, za hladno (01.10. – 31.03.) i toplo razdoblje (01.04. – 30.09.). Podaci su prikazani kao odstupanja od srednjih

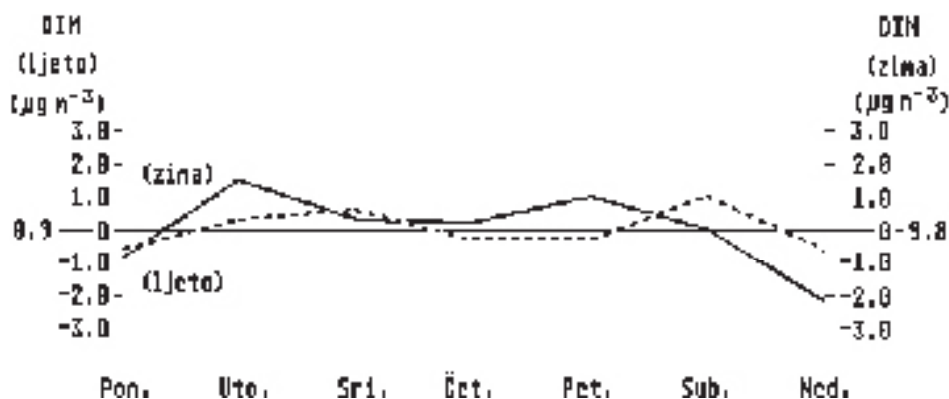
vrijednosti, za navedena razdoblja. Hladno doba (na slici obilježeno kao zima) prikazano punom crtom ima srednju vrijednost $26,5 \mu\text{g m}^{-3}$, a odstupanja dosižu $-2,5 \mu\text{g m}^{-3}$ (ponedjeljak), toplo doba (na slici obilježeno kao ljeto) prikazano crtkano ima srednju vrijednost $15,6 \mu\text{g m}^{-3}$, a odstupanja dosižu $-3,4 \mu\text{g m}^{-3}$ (ponedjeljak). Vidljivo je da su razine onečišćenja zabilježene ujutro u ponedjeljak, zatim nešto više u subotu pa i nedjelju, vjerojatno kao posljedica slabijeg prometa. U ovim podacima nisu isključeni praznici koji se očituju slično kao i dani vikenda. Tada bi očito prikaz onečišćenja tijekom "radnog" dijela tjedna bio nešto izraženiji. Najmanje onečišćenje krajem vikenda i najveće onečišćenje krajem radnog dijela tjedna su logična posljedica prometa.



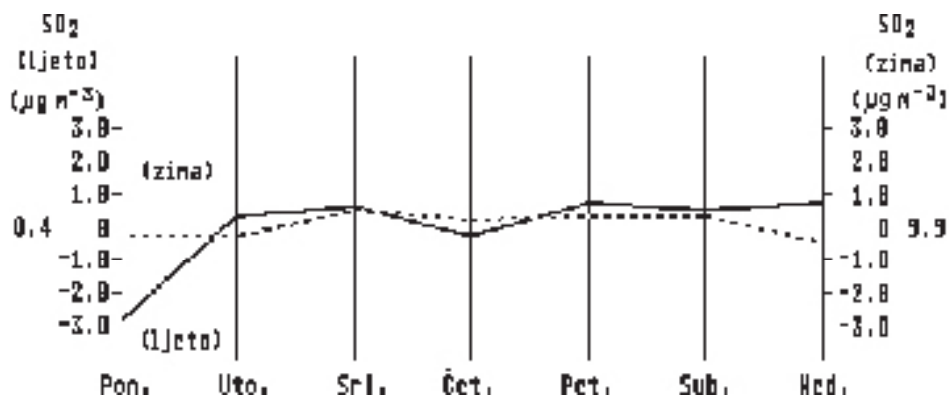
Sl. 3. Tjedni hod onečišćenja zraka s NO₂ za 1997. i 1998. godinu tijekom hladnog odnosno toplog razdoblja.

Nameće se pitanje da li i drugi oblici onečišćenja zraka imaju tjedni hod, stoga je napravljena ista analiza za dim. Na slici 4. prikazani su podaci onečišćenja za dim u tjednom hodu. Slika prikazuje dva tjedna hoda, za hladno (zima) i toplo razdoblje (ljeto), gdje su podaci prikazani kao odstupanja od srednjih vrijednosti. Hladno doba (zima) prikazano punom crtom ima srednju vrijednost $9,8 \mu\text{g m}^{-3}$, a odstupanja dosižu $-2,2 \mu\text{g m}^{-3}$ (nedjelja); toplo doba (ljeto) prikazano crtkano ima srednju vrijednost $0,9 \mu\text{g m}^{-3}$, a odstupanja dosižu $1,0 \mu\text{g m}^{-3}$ (subota). Naslućuje se da ovi hodovi imaju dva para ekstrema, ljetni kasne jedan dan iza zimskog. Ipak nešto manja onečišćenja su krajem vikenda.

Na slici 5. prikazani su podaci onečišćenja za SO₂ u tjednom hodu. Slika 5. prikazuje dva tjedna hoda, za hladno (zima) i toplo razdoblje (ljeto). Podaci su prikazani kao odstupanja od srednjih vrijednosti i znatno su niže vrijednosti koncentracija nego npr. kod istraživanja dnevnog hoda jednosatnih vrijednosti u 1975/76. (Šojat, 1977). Hladno doba (zima) prikazano punom crtom ima srednju vrijednost $9,9 \mu\text{g m}^{-3}$, a odstupanja dosižu $-2,9 \mu\text{g m}^{-3}$ (ponedjeljak); toplo doba (ljeto) prikazano crtkano ima srednju vrijednost $0,4 \mu\text{g m}^{-3}$, a odstupanja dosižu $0,5 \mu\text{g m}^{-3}$ (srijeda). Podaci ne ukazuju na jednostavnu vezu karakteristike nekog hoda.



Sl. 4. Tjedni hod onečišćenja zraka s dimom za 1997. i 1998. godinu tijekom hladnog odnosno toplog razdoblja.



Sl. 5. Tjedni hod onečišćenja zraka sa SO_2 za 1997. i 1998. godinu tijekom hladnog odnosno toplog razdoblja.

3. Zaključci

Podaci mjerenja onečišćenja s NO_2 razvrstani su za hladno odnosno toplo doba godine te pokazuju dvije razine onečišćenja. Veća onečišćenja su u hladno doba godine, prosjek u tjednom hodu je $26,5 \mu\text{g m}^{-3}$, dok toplo doba ima srednju vrijednost $15,6 \mu\text{g m}^{-3}$, odstupanja od srednjaka iznose približno $3 \mu\text{g m}^{-3}$. Iz podataka je vidljivo da su najmanja onečišćenja s NO_2 zabilježena u dane vikenda kad je na Gornjem gradu (Zagreb) slabiji promet. Nažalost, iz ovih podataka nisu isključeni praznici koji se očituju slično kao i dani vikenda. Najmanje onečišćenje krajem

vikenda i najveće onečišćenje krajem radnog dijela tjedna su logična posljedica prometa.

Podaci o onečišćenju s dimom i SO_2 razvrstani su također za hladno odnosno toplo doba godine te i oni pokazuju dvije razine onečišćenja. Veća onečišćenja su u hladno doba godine, prosjek u tjednom hodu za dim je $9,8 \mu\text{g m}^{-3}$ (za SO_2 je $9,9 \mu\text{g m}^{-3}$), dok toplo doba za dim ima srednju vrijednost $0,9 \mu\text{g m}^{-3}$ (za SO_2 je $0,4 \mu\text{g m}^{-3}$). U primjeru dima naslućuje se da zimski i ljetni tjedni hodovi imaju dva para ekstrema, ljetni kasne jedan dan iza zimskog, dok su nešto manja onečišćenja krajem vikenda. Podaci o SO_2 ne ukazuju na jednostavnu vezu karakteristika nekog hoda. Zadnjih nekoliko godina primjećuje se izuzetno veliki broj motornih vozila na Gornjem gradu u Zagrebu. To povećanje vozila je tako veliko da tijekom radnog dijela tjedna, ne samo da nema mjesta za parkiranje vozila, već i pješaci ne mogu normalno prolaziti ulicama, već se moraju doslovno provlačiti između vozila. Očito je da ta vozila utječu na razinu onečišćenja okolnog područja. Kako je na Gornjem gradu, tj. Griču, smješten uređaj za praćenje onečišćenja zraka, to ovi rezultati dobro pokazuju loše stanje prometa na Gornjem gradu, odnosno oko mjernih uređaja na postaji Zagreb-Grič (nažalost čak u samom meteorološkom okruženju) i u Zagrebu uopće.

Literatura

- Cole, H. S., i J. E. Summerhays, 1979: *A review of techniques available for estimating short-term NO_2 concentrations*. Journal of the Air Pollution Control Association, **29**, 8, 812-817.
- Državni hidrometeorološki zavod, 1991-1998: *Arhivski podaci o NO_2 , SO_2 i dimu u Zagrebu*.
- Đuričić, V. i V. Šojat, 1997: *Meteorološka karakterizacija kakvoće snijega i kiše na širem području Zagreba*. Zbornik priopćenja, I hrvatski znanstveno-stručni skup Zaštita zraka '97, Crikvenica, 16.-18.10.1997, 205-211.
- Fugaš, M., 1986: *Utjecaj prometa na kvalitetu zraka u naseljima*. Suvremeni promet, **8**, 4-5, 293-296.
- Gelo, B., 1996: *Meteorološko-ekološko gledište na promet*; Penzar Branka i suradnici: Meteorologija za korisnike. Školska knjiga, Zagreb, 193-194.
- Pauković, R., 1984: *Karakteristike i sezonske razlike dnevnog hoda koncentracija dušikovih oksida u zraku*. Zašt. atm., 12(2) 59-62.
- Šojat, V., Z. Šoljić, I. Eškinja i A. Vrhovec, 1988: *Razmatranje utjecaja automobilskeg prometa na kemijski sastav oborine*. Suvremeni promet, **10**, 513-517.
- Šojat, V., 1977: *Srednji hod jednosatnih koncentracija sumpornog dioksida i strujanje na opservatoriju Zagreb-Grič*, Zbornik radova savjetovanja "Meteorološki, hidrološki i biometeorološki aspekti zagađenja zraka, voda i tla", Ohrid, 17.-19. svibnja 1977., 243-281.
- Šojat, V. i D. Borovečki, 1997: *Kisele oborine i taloženje na području Hrvatske u 1996*. Izvanredne meteorološke i hidrološke prilike 1996. u Hrvatskoj, **20**, 91-94.
- Vojvodić, V., 1999: *Zaštita okoliša*. Kem. Ind., Zagreb, **48**, 4, 167-170.
- Vuk, B. i dr., 1998: *Energija u Hrvatskoj. Godišnji energetske pregled: 1993 - 1997*, Ministarstvo gospodarstva RH, 96.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Herceg Romanić, S.¹, Krauthacker, B.¹

Raspodjela organoklorovih pesticida i polikloriranih bifenila (PCB) u zraku sakupljenom u Zagrebu

Sažetak: *Razine organoklorovih pesticida i polikloriranih bifenila (PCB) u uzorcima zraka sakupljenim u Hrvatskoj još nisu bile poznate. Stoga su započeta istraživanja raspodjele tih spojeva u uzorcima zraka sakupljenim u Zagrebu.*

Uvedena je metoda za plinskokromatografsku analizu organoklorovih pesticida i PCB u uzorcima zraka sakupljenim na poliuretansku spužvu i kvarcne filtere. Uzorci su analizirani na prisutnost organoklorovih pesticida (HCB, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, p,p'-DDE, p,p'-DDD, p,p'-DDT) i šest PCB kongenera (PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153 i PCB-180). Srednje vrijednosti iskorištenja bile su u rasponu od 41% do 122% ovisno o spoju i razini dodanog spoja.

Tijekom listopada, studenog i prosinca 1997. godine sakupljeni su uzorci zraka na dvije lokacije u Zagrebu i to na Ksaverskoj cesti kao sjevernom rubu grada i u selu Jakuševac na južnom rubu grada. Za svaki uzorak sakupljeno je oko 1000 m³ zraka..

Svi uzorci sadržavali su sve analizirane spojeve. Razine organoklorovih pesticida bile su u rasponu 0.5-77 pg/m³, a PCB kongenera 1-58 pg/m³ u uzorcima sakupljenim na Ksaverskoj cesti. U uzorcima sakupljenim u selu Jakuševac razine organoklorovih pesticida bile su u rasponu 3-88 pg/m³, a PCB kongenera u rasponu 4-94 pg/m³. Od organoklorovih pesticida γ -HCH je nađen u najvišim koncentracijama (medijani: 47 pg/m³ (Ksaverska c) i 74 pg/m³ (Jakuševac)), dok je od PCB kongenera PCB-28 prisutan u najvišim razinama (medijani: 30 pg/m³ (Ksaverska c.) i 37 pg/m³ (Jakuševac)). Svi spojevi osim p,p'-DDD i p,p'-DDT nađeni su u višim razinama u uzorcima sakupljenim na Jakuševcu nego u uzorcima sakupljenim na Ksaverskoj cesti. Više razine u uzorcima sa Jakuševca mogu se pripisati utjecaju smetišta, smještenog u neposrednoj blizini.

¹ Snježana Herceg Romanić, Blanka Krauthacker, Jedinica za biokemiju i organsku analitičku kemiju, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

Distribution of Organochlorine Pesticides and Polychlorinated Biphenyls (PCB) in Ambient Air Collected in Zagreb

Summary: *As there are no data on the levels of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in ambient air samples collected in Croatia an investigation of the distribution of these compounds in ambient air in Zagreb was initiated.*

Organochlorine pesticides HCB, α -HCH, β -HCH, γ -HCH, p,p' -DDE and its metabolites p,p' -DDD, p,p' -DDT, and six marker PCB congeners (assigned according to IUPAC): PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153 and PCB-180 were investigated.

High volume samples (1000 m³) were collected on polyurethane foam and quartz filters. Sampling was done in October, November, and December 1997 at two locations in Zagreb: Ksaverska cesta (14 samples) which is at the north edge of the city and Jakuševac (10 samples), a village at the south edge of the Zagreb. The compounds were extracted from the foam and filters and determined using the gas chromatography on capillary columns and with electron capture detectors. Recoveries of the compounds were between 41% and 122%, depending on the compound and concentration level.

All compounds were found in all analysed samples. The levels of organochlorine pesticides were in the range of 0.5-77 pg/m³, while PCB congeners were found in the range of 1-58 pg/m³ in samples collected in Ksaverska cesta. In the samples collected at Jakuševac, the levels of organochlorine pesticides were in the range of 3-88 pg/m³, and of PCB congeners in the range of 4-94 pg/m³. In the group of organochlorine pesticides, γ -HCH was present at the highest concentration in samples from both locations (medians: 47 pg/m³ (Ksaverska c.) and 7 pg/m³ (Jakuševac)). Within the PCB group, PCB-28 showed highest concentration levels (medians: 30 pg/m³ (Ksaverska c.) and 37 pg/m³ (Jakuševac)). All compounds except p,p' -DDD and p,p' -DDT were found at higher levels in samples collected at Jakuševac than in those collected in Ksaverska cesta. This may be explained by the influence of emissions from the municipal waste dump about 100 meters distant from the sampling point.

Uvod

Organoklorovi pesticidi i poliklorirani bifenili (PCB) su postojani lipofilni organski spojevi, koji su zbog svoje perzistencije unatoč zabrane i ograničenja primjene u velikom broju zemalja prisutni u svim dijelovima okoliša i u čovjeku. Organoklorovi pesticidi još uvijek se primjenjuju napose tamo gdje se suzbija malarija. Upotreba PCB-a u tzv. otvorenim sistemima (boje, lakovi, dodaci cementu i pesticidima ili papirnoj ambalaži) je zabranjena, ali se još koriste većinom u zatvorenim sustavima (npr. transformatori i kondenzatori) iz kojih bilo propuštanjem ili odlaganjem kao otpada dospijevaju u okoliš. U zrak dospijevaju bilo zbog primjene ili hlapljenjem iz tla i ostalih sorbensa na zemljinoj površini u kojima su akumulirani. Poznato je da se ovi spojevi mogu prenositi zračnim masama na vrlo velike udaljenosti, a smjer i jačina vjetrova utječu na njihovu globalnu raspodjelu.

Podataka o raspodjeli ovih spojeva i zraku sakupljenom u našoj zemlji nema. Stoga su započeta istraživanja prisustva i raspodjele ovih spojeva u uzorcima zraka

sakupljenog na dvije lokacije u Zagrebu. Odabrane lokacije (Ksaverska cesta i Jakuševac) razlikuju se po mogućim izvorima tih spojeva.

Materijal i metode

Ispitivani su slijedeći organoklorovi pesticidi: HCB (heksaklorbenzen), HCH (heksaklorcikloheksan; α -, β - i γ - izomeri), p,p'-DDT (1,1,1-triklor-2,2-di(4-klorfenil)etan) i njegovi metaboliti p,p'-DDE (1,1-diklor-2,2-di(4-klorfenil)eten) i p,p'-DDD (1,1-diklor-2,2-di(4-klorfenil)etan). Također je ispitivano šest indikator kongenera polikloriranih bifenila: PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153 i PCB-180 (oznake su prema IUPAC).

Višednevni uzorci zraka ($\sim 1000 \text{ m}^3$) sakupljani su na poliuretanske spužve i kvarcne filtre. Na lokaciji Ksaverska cesta sakupljeno je 14 uzoraka u slijedu, a na lokaciji u selu Jakuševac 10 uzoraka u slijedu. Uzorci su sakupljeni tijekom listopada, studenog i prosinca 1997. god. Volumen uzoraka zraka preračunati su na standardne okolnosti za što su korišteni podaci o temperaturi i tlaku zraka izmjereni od Državnog hidrometeorološkog zavoda. Uzorci (spužva i filter) ekstrahirani su smjesom 5% dietil-etera u n-heksanu (Soxhlet aparatura, 12 sati, 4 ciklusa/sat). Ekstrakti su upareni do 5 mL, pročišćeni koncentriranom sumpornom kiselinom i u struji dušika upareni do suha. Prije analize uzorci su otopljeni u 1,00 mL n-heksana. Kvalitativna i kvantitativna analiza načinjena je plinskom kromatografijom visoke djelotvornosti na dvije kapilarne kolone (SPB-5, 60 m, 0,25 mm unutarnji promjer, debljina filma 0,25 mm; SPB-1701, 30 m, 0,25 mm unutarnji promjer, debljina filma 0,25 mm) uz ^{63}Ni detektore zahvata elektrona (1).

Rezultati i diskusija

Djelotvornost metode ispitana je na tri koncentracijske razine na kojima se spojevi očekuju u uzorcima. Na razini koncentracija spojeva koje su nađene u uzorcima iskorištenja su bila u rasponu 64 - 97% (RSD= 11-30%) ovisno o spoju.

Rezultati analize uzoraka zraka prikazani su u Tablici 1. Poliuretanska spužva i filter ekstrahirani su zajedno pa rezultati predstavljaju ukupnu količinu spojeva na česticama i u plinovitoj fazi.

Iz Tablice 1 je vidljivo da su na obje lokacije HCB, α -HCH i γ -HCH određeni u višim koncentracijama od β -HCH, p,p'-DDE-a, p,p'-DDD-a i p,p'-DDT-a što se može pripisati lakšoj hlapivosti HCB-a i HCH izomera. Omjer α -HCH/ γ -HCH pokazatelj je unosa γ -HCH u okoliš. U svim analizirani uzorcima je α -HCH/ γ -HCH < 1 što dokazuje nedavni unos γ -HCH u okoliš. Od kongenera PCB-a više su koncentracije izmjerene za PCB-28 i PCB-52. Medijani i rasponi koncentracija spojeva u uzorcima sakupljenim na lokaciji Jakuševac bili su viši od medijana koncentracija izmjerenih u uzorcima zraka sakupljenih na Ksaverskoj cesti.

Takav rezultat upućuje da je smetište Jakuševac izvor organoklorovih pesticida i polikloriranih bifenila.

Razine spojeva razlikuju se od uzorka do uzorka na obje lokacije i pokazuju veliku međusobnu varijabilnost. To pokazuje da je za pouzdano određivanje razina onečišćenja zraka na određenoj lokaciji potrebno analizirati jako puno uzoraka i tijekom dugog razdoblja da bi se mogle ocijeniti razlike u razinama obzirom na lokaciju i vrijeme uzorkovanja.

Tablica 1. Koncentracije spojeva (pg/m^3) u uzorcima zraka sakupljenim u Zagrebu 1997. god. Rezultati su korigirani za iskorištenje metode.

	n	Raspon	Medijan	n	Raspon	Medijan
HCB	14	0.5-46	27	10	14-88	20
α -HCH	14	2-57	27	10	15-67	21
β -HCH	14	2-21	9	10	5-24	15
γ -HCH	12	2-77	47	10	25-88	24
p,p'-DDE	14	2-26	10	10	8-20	10
p,p'-DDD	14	2-57	10	0	2-15	6
p,p'-DDT	13	4-30	13	8	4-38	9
PCB-28	14	17-58	20	10	15-04	27
PCB-52	14	8-34	18	10	9-41	20
PCB-101	14	4-27	10	10	5-25	12
PCB-138	14	2-21	8	10	4-24	10
PCB-153	14	3-15	7	10	9-19	12
PCB-180	14	1-12	5	10	0-48	12
Σ -PCB	14	38-152	80	10	60-219	107

N = ukupan broj uzoraka; n = broj uzoraka u kojima je dotični spoj određen

Σ PCB = PCB-28 + PCB-52 + PCB-101 + PCB-138 + PCB-153 + PCB-180

Literaturni podaci pokazuju sličnu raspodjelu organoklorovih spojeva u uzorcima zraka.

Analiza uzoraka zraka sakupljenog u Norveškoj (Ny-Alesund, Svalbar) u razdoblju ožujak-listopad 1993. god. pokazala je da su HCB, α -HCH i γ -HCH bili u višim koncentracijama u odnosu na p,p'-DDE, p,p'-DDD i p,p'-DDT. Od PCB kongenera PCB-28, PCB-52 i PCB-101 određeni su u višim koncentracijama od ostala tri kongenera. Razine HCB i α -HCH bile su više nego u našim uzorcima, razine γ -HCH i PCB-28 bile su slične u uzorcima iz Norveške kao u uzorcima iz Zagreba dok su ostali spojevi nađeni u nižim razinama (2). Poznato je da se organoklorovi pesticidi i PCB mogu prenositi na vrlo velike udaljenosti zračnim masama i vjetrovima da smjer i jačina vjetrova utječu na njihovu globalnu raspodjelu. U razdoblju između 1991. i 1995. godine praćene su razine u zraku α -HCH i γ -HCH u selu Listi na obali južne Norveške (3). Prosječna koncentracija α -HCH bila je $66 \text{ pg}/\text{m}^3$, a γ -HCH $48 \text{ pg}/\text{m}^3$. Tijekom pet godina razine α -HCH su se manjile za 50%. Povišene koncentracije γ -HCH (do $1000 \text{ pg}/\text{m}^3$) izmjerene su tijekom proljeća i jeseni 1991. i 1995. godine koje su pripisane strujanju vjetrova iz zapadnog dijela srednje Europe gdje se očito primjenjivao γ -HCH.

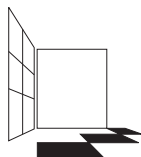
Za hlapljenje spojeva iz tla i ostalih sorbensa na zemljinoj površini potrebna je prosječna temperatura iznad 10 °C tijekom dužeg perioda. Pokazalo se da su razine u zraku u zimskom periodu niže su nego u ljetnom periodu što potvrđuje hipotezu da se unos u atmosferu odvija hlapljenjem spojeva akumuliranih u tlu i ostalim sorbensima na zemljinoj površini. Razine PCB kongenera izmjerene u Augsburgu (4) u uzorcima sakupljenim u razdoblju ožujak 1992.-veljača 1993. bile su od 3,5 do 37 pg/m³ (rasponi srednjih vrijednosti) ovisno o spoju i sezoni. PCB-28, PCB-52 i PCB-101 bili su prisutni u višim koncentracijama nego PCB-138, PCB-153 i PCB-180. Sezonske varijacije utvrđene su također mjerenjem razina osam kongenera PCB-a (PCB-28, PCB-52, PCB-77, PCB-101, PCB-118, PCB-138, PCB-153 i PCB-180) u zraku sakupljenom u četiri grada Velike Britanije. PCB-28, PCB-52 i PCB-101 bili su prisutni u višim razinama od ostalih kongenera. Više su razine izmjerene tijekom ljeta, a srednja vrijednost sume osam kongenera u dvogodišnjem periodu bila je u rasponu 370 do 1350 pg/m³ (5).

Zaključak

Dosadašnja ispitivanja pokazuju da je raspodjela spojeva u uzorcima zraka sakupljenog u Zagrebu slična kao u drugim zemljama. Više razine spojeva izmjerene u zraku sakupljenom na Jakuševcu upućuju da je smetište potencijalni izvor analiziranih spojeva. Preliminarni rezultati pokazuju potrebu kontinuiranog praćenja razina organoklorovih spojeva u zraku tijekom dužeg perioda i na više lokacija u Hrvatskoj kako bi se ocijenile sezonske i geografske razlike.

Literatura

1. S. Herceg: Određivanje organoklorovih spojeva u lišću drveća i zraku, Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb 1999.
2. M. Oehme, J.E. Haugen, M. Schlabach: Seasonal changes and relations between levels of organochlorines in Arctic ambient air: First results of an all-year-round monitoring program at Ny-Alesund, Svalbard, Norway. *Environ. Sci. Technol.* **30** (1996) 2294.
3. J.E. Haugen, F. Wania, N. Ritter, M. Schlabach: Hexachlorocyclohexanes in air in southern Norway. Temporal and spatial trends: 1992. - 1994. *Environ. Sci. Technol.* **31** (1997) 3619.
4. H. Kaupp, G. Dörr, M. Hippelein, M.S. McLahlan, O. Hutzinger: Baseline contamination assessment for a new resource recovery in Germany. Part IV: Atmospheric concentrations of polychlorinated biphenyls and hexachlorobenzene. *Chemosphere* **32** (1996) 2029.
5. C.J. Halsall, R.M.G. Lee, P.J. Coleman, V. Burnett, P. Harding-Jones, K.C. Jones: PCBs in U.K. air. *Environ. Sci. Technol.* **29** (1995) 2368.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Hršak, J.¹, Šega, K.¹, Balagović, I.¹

Sadržaj olova, mangana, kadmija i talija u frakcijama različitih veličina lebdećih čestica - prva ispitivanja

Sažetak: Prikazani su početni rezultati određivanja sadržaja olova, mangana, kadmija i talija u inhalabilnoj i respirabilnoj frakciji lebdećih čestica mjerenih na jednom mjernom mjestu u Zagrebu tijekom jeseni 1998. i proljeća 1999. godine. Iz rezultata je vidljivo da se cjelokupan sadržaj metala nalazi u respirabilnoj frakciji čestica. Dominiraju dva izvora onečišćenja, promet (olovo, mangan, kadmij), te uporaba i razgradnja cementa (talij). Istraživanja se nastavljaju.

Lead, Manganese, Cadmium and Thallium Content in PM10 AND PM2.5 - Pilot Study

Summary: The pilot study of lead, manganese, cadmium and thallium in inhalable and respirable fraction of airborne particles are presented. Samples were collected at one measuring site in Zagreb during two periods, autumn 1998 and spring 1999. The results show that the overall heavy metal content is found in the respirable particle fraction, and that two main pollutant sources could be distinguished, traffic (lead, manganese, cadmium) and cement use and deterioration (thallium).

Uvod

U svrhu određivanja izloženosti gradskog stanovništva teškim metalima u zraku pristupilo se razvoju metoda sakupljanja uzoraka i analiza sadržaja olova, mangana, kadmija i talija u inhalabilnoj i respirabilnoj frakciji lebdećih čestica (ekvivalentni aerodinamički promjer $< 10\mu\text{m}$, odnosno $< 2.5\mu\text{m}$). Prikazani su rezultati analize uzoraka sakupljenih na jednom mjernom mjestu tijekom dva mjerna razdoblja: jesensko (5. studeni-15. prosinac 1998.) i proljetno (15. ožujka-5. lipnja 1999.). Istraživanja se nastavljaju.

¹ Janko Hršak, Krešimir Šega, Ivica Balagović, Jedinica za higijenu okoline, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada

Metode

Nakon odvajanja krupnih čestica impakcijom, uzorci inhalabilne i respirabilne frakcije lebdećih čestica sakupljani su paralelno tijekom 24-satnih razdoblja iz volumena zraka od približno 100m³ na membranske filtre (Millipore SSWP09025; AAWP09025), te su njihove koncentracije određivane gravimetrijski. Filtri su prije vaganja (prije i nakon sakupljanja uzoraka) kondicionirani na konstantnu vlažnost držanjem u eksikatoru s CaCl₂ tijekom 24 sata.

Sadržaj metala određen je u polovini uzorka razaranjem s 10 ml HNO₃ na suhoj kupelji od nerđajućeg čelika. Kiselina je otparena, a nitratni ostatak otopljen u 3 ml 1m HNO₃. U tako dobivenoj otopini sadržaj metala određen je plamenom spektrofotometrijom atomske apsorpcije (1, 2).

Rezultati i rasprava

Koncentracije metala u pojedinim frakcijama veličina lebdećih čestica

U Tablici 1. prikazani su sumarni rezultati koncentracija metala. S obzirom na to da su raspodjele koncentracija asimetrične s pomakom u desno, kao bolji pokazatelji prikazani su medijani koncentracija, te vrijednosti prvog i trećeg kvartila. Vidljivo je da je razlika mjera centralne tendencije između koncentracija pojedinog metala u navedenim frakcijama veličina lebdećih čestica zanemariva.

Tablica 1. Koncentracije metala u lebdećim česticama (μgm⁻³)

Pb-10	125	0.1280	0.0021	0.7919	0.0061	0.0583	0.1364
Pb-2.5	125	0.1277	0.0020	0.8209	0.0072	0.0584	0.1387
Mn-10	125	0.0038	0.0000	0.0182	0.0029	0.0019	0.0045
Mn-2.5	125	0.0038	0.0000	0.0189	0.0029	0.0019	0.0047
Cd-10	125	0.0007	0.0000	0.0072	0.0008	0.0004	0.0009
Cd-2.5	125	0.0007	0.0000	0.0072	0.0008	0.0004	0.0009
Tl-10	125	0.0005	0.0000	0.0079	0.0000	0.0000	0.0010
Tl-2.5	125	0.0005	0.0000	0.0029	0.0000	0.0000	0.0010

Što više, rezultati regresijske analize koncentracija metala u različitim frakcijama veličine čestica prikazani na Slici 1. pokazuju da se cjelokupan sadržaj metala u lebdećim česticama nalazi u česticama ekvivalentnog aerodinamičkog promjera < 2.5 μm.

Udjeli masa pojedinih metala u ukupnoj masi lebdećih čestica

Udjeli masa metala u ukupnoj masi uzorka pojedine frakcije lebdećih čestica prikazani su u Tablici 2. Ponovno je potrebno naglasiti da zbog asimetrične raspodjele vrijednosti udjela, medijani i vrijednosti prvog i trećeg kvartila pokazuju

bolji izbor mjera centralne tendencije od prosječnih vrijednosti. S obzirom na već ranije istaknutu činjenicu, da se cjelokupan sadržaj metala u lebdećim česticama nalazi u česticama ekvivalentnog aerodinamičkog promjera $< 2.5 \mu\text{m}$, razlika u iznosima udjela pojedinog metala u različitim frakcijama, direktna je posljedica razlike koncentracija samih čestica.

Tablica 2. Udjeli metala u lebdećim česticama

		Pb-10	Mn-10	Cd-10	Tl-10
Pb-10 udio	122	0.0041	0.0028	0.0016	0.0040
Pb-2.5 udio	124	0.0064	0.0073	0.0030	0.0063
Mn-10 udio	122	0.000110	0.000080	0.000053	0.000128
Mn-2.5 udio	124	0.000208	0.000100	0.000063	0.000168
Cd-10 udio	122	0.000030	0.000016	0.000010	0.000028
Cd-2.5 udio	124	0.000062	0.000030	0.000011	0.000036
Tl-10 udio	122	0.000015	0.000000	0.000000	0.000021
Tl-2.5 udio	124	0.000021	0.000000	0.000000	0.000026

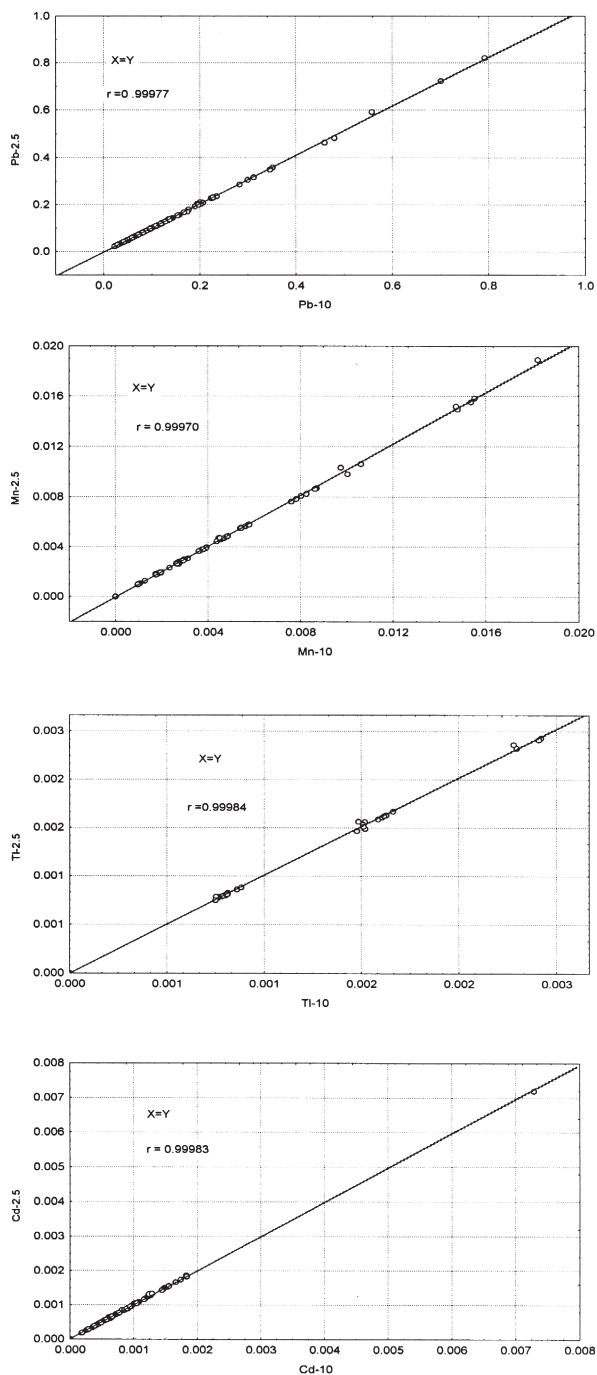
Međusobna povezanost koncentracija pojedinih onečišćenja

Vrijednosti koeficijenata korelacije između koncentracija pojedinih onečišćenja prikazana je u Tablici 3. Vidljiva je izrazita povezanost sadržaja olova i mangana, te njihova pojedinačna povezanost s koncentracijom čestica u obje frakcije velična ($> 50\%$ zajedničke varijance), što upućuje na značajan doprinos određenog izvora onečišćenja, u ovom slučaju najvjerojatnije na doprinos prometa. Kod frakcije čestica promjera $< 2.5 \mu\text{m}$ javlja se i povezanost koncentracija kadmija s koncentracijom čestica. Također je vidljiva povezanost koncentracija mangana i kadmija u obje frakcije čestica. Koncentracije talija nisu pokazivale nikakvih povezanosti s koncentracijama ostalih onečišćenja, što je i za očekivati s obzirom na to da dolaze iz drugih izvora (prvenstveno uporaba i razgradnja cementa) (3).

Tablica 3. Korelacija između koncentracija metala u lebdećim česticama

LE-10	Pb-10	Mn-10	Cd-10
Pb-10	1.0000	0.9999	0.0000
Mn-10	0.9999	1.0000	0.0000
Cd-10	0.0000	0.0000	1.0000
P < 0.001 P < 0.01			

U svrhu potvrđivanja ranije navedenog, te dobivanja bolje slike povezanosti koncentracija između pojedinih onečišćenja, provedena je faktorska analiza nad ukupno 18 varijabli. Izdvajanjem glavnih komponenata, uz uvjet da vlastite vrijednosti budu veće od jedan, te varimax rotaciju, izdvojene su četiri virtualne varijable koje objašnjavaju ukupno 88% varijance.



Slika 1. Odnosi koncentracija ($\mu\text{g m}^{-3}$) Pb, Mn, Cd i Tl između frakcija lebdećih čestica ($< 10 \mu\text{m}$ i $< 2.5 \mu\text{m}$)

Tablica 4. Rezultati faktorske analize

	1	2	3	4
LE 10	0.8332	-0.3468	0.1002	-0.1284
LE 2.5	0.8506	-0.3106	0.1058	-0.1376
Ph 10	0.0253	0.0276	-0.0085	0.0447
Ph 10 udio	-0.0104	0.8647	0.0476	0.0990
Ph 2.5	0.0241	0.0268	-0.0099	0.0449
Ph 2.5 udio	-0.0371	0.9255	0.0365	0.0877
Mn 10	0.0004	0.0120	0.0119	-0.1575
Mn 10 udio	-0.0278	0.9400	0.0537	-0.0213
Mn 2.5	0.0068	0.0121	0.0100	-0.1535
Mn 2.5 udio	-0.0551	0.8606	0.0423	0.0199
Cd 10	0.1545	0.0621	0.0742	0.0724
Cd 10 udio	-0.1692	0.8247	0.0715	-0.3511
Cd 2.5	0.1664	0.0632	0.0747	0.0704
Cd 2.5 udio	-0.1227	0.8040	0.0544	-0.1920
Tl 10	0.0855	-0.0899	0.0464	0.0384
Tl 10 udio	-0.1441	-0.0385	0.9487	0.0501
Tl 2.5	0.0906	-0.0899	0.0450	0.0392
Tl 2.5 udio	-0.1712	-0.0196	0.8774	0.0540
% Varijance	0.2746	0.2767	0.1949	0.1201

Faktor 1 možemo nazvati doprinosom prometa (ukupni ispušni plinovi vozila) i objašnjava povezanost olova, mangana i ukupne mase čestica u obje frakcije veličina. Faktor 2 pokazuje povezanost ponderiranih veličina tj. udjela olova, mangana i kadmija, i neovisan je o koncentracijama čestica. On ukazuje na zajedničko porijeklo metala, najvjerojatnije sastav goriva za pogon motornih vozila. Faktor 3 pokazuje potpunu izdvojenost talija od ostalih onečišćenja, dok je Faktor 4 posljedica relativno niskih koncentracija kadmija, te ih stoga prikazuje odvojeno. Ovu tvrdnju potvrđuje i rezultat analize ograničene na tri faktora, u kojem se slučaju kadmij priključuje olovu i manganu. Ukoliko postrožimo uvjete i promatramo kao rezultat samo dvije virtualne varijable, tada se jasno izdvajaju čestice, olovo, mangan i kadmij (doprinos prometa) i talij (najvjerojatnije cement).

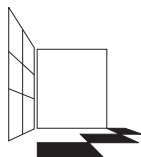
Zaključci

- Rezultati pokazuju da se cjelokupan sadržaj metala u lebdećim česticama nalazi u česticama ekvivalentnog aerodinamičkog promjera $< 2.5 \mu\text{m}$, dok su razlike u udjelima pojedinog metala u različitim frakcijama, direktna posljedica razlike koncentracija samih čestica.
- Doprinos prometa prikazan je preko sadržaja olova, mangana i kadmija i jasno je istaknut, te opisuje više od 50% zajedničke varijance.

- Koncentracije talija u lebdećim česticama potpuno su neovisne o koncentracijama drugih onečišćenja i ukazuju na drugi izvor (20% zajedničke varijance) najvjerojatnije cement.

Literatura

- 1.Christian, G. D. and Feldman, F. J.: Atomic Absorption Spectroscopy, John Wiley and Sons, London 1970.
- 2.Hršak, J. and Fugaš, M.: Preparation of Samples of Airborne Particles for Determination of Metals, Mikrochim. Acta, Wien II, 1981, 111-117.
- 3.Bohm, W.: Umweltbelastung durch Thallium, Bonner Universitäts-Buchdruckerei, Bonn 1980.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Marović, G.¹, Senčar, J.¹, Franić, Z.¹

Određivanje radioaktivnosti zraka brzim metodama na terenu

Sažetak: Pokretni radiološki laboratorij za slučaj nuklearne nesreće djeluje u Jedinici za zaštitu od zračenja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu (IMI) još od samog početka rada nuklearne elektrane Krško (NEK). U sklopu održavanja spremnosti, pokretni tim osposobljen za terenske intervencije u slučaju eventualne nuklearne nesreće, dva puta godišnje na odabranim lokacijama sjeverozapadne Hrvatske provodi vježbe mjerenja radioaktivnosti brzim metodama. Terenske mjerne tehnike dovoljno su osjetljive da mogu detektirati prisutnost i svako povećanje koncentracije fisijskih radionuklida. Rezultati dobiveni tijekom do danas održanih vježbi vrijedna su baza podataka o stanju radioaktivne kontaminacije područja sjeverozapadne Hrvatske. U radu su prikazani rezultati mjerenja brzine ekspozicijske doze i ukupne alfa i beta aktivnosti zraka u posljednjih nekoliko godina.

Determination of Radioactivity in the Air Using Rapid Methods in The Field

Summary: Within the Radiation Protection Unit of the Institute for Medical Research and Occupational Health in Zagreb operates a mobile unit equipped for the field interventions in cases of possible radiological and nuclear accidents. The unit was established when NE Krško started to function, for the purpose of emergency preparedness. In order that preparedness of the unit would be maintained, the exercises, including radioactivity measurements using the rapid field methods, are regularly conducted twice a year in the selected locations of northwestern Croatia.

The rapid methods involve the following measurements: exposure dose rates, total alpha activities in the air, total beta activities in the air and in situ gamma spectrometrical measurements. It should be noted that measuring field techniques are sensitive enough to detect the presence of, and even slightest increases of the fission radionuclides.

Results obtained so far represent a valuable basis on the status of radioactive contamination in the territory of northwestern Croatia. The paper gives only data on the exposure dose rates (Fig.1) and the total alpha and beta activities determined in the air of selected locations over the past few years, obtained in the field measurements during the exercises.

¹ Gordana Marović, Jasminka Senčar, Zdenko Franić, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Jedinica za zaštitu od zračenja, Zagreb

According to our results, the total alpha activities ranged from $0.62 \pm 0.07 \text{ Bqm}^{-3}$ to $26.9 \pm 0.3 \text{ Bqm}^{-3}$ (Fig. 2. and 3.), and total beta activities from $1.6 \pm 0.1 \text{ Bqm}^{-3}$ to $412 \pm 4 \text{ Bqm}^{-3}$ (Fig 4. and 5.). Rapid field methods are presently used for measurement of radionuclides in the atmosphere: they might be of terrestrial or cosmogenic origin. Radionuclides of the terrestrial origin include a multitude of short-lived daughters of natural radioactive series (Tab.1). Their activity may enhance the total alpha and beta activities in the air due to atmospheric circumstances (e.g. fog, fallout etc.). During laboratory measurements using standard procedure, daily alpha and beta activities are determined after a period of 120-hours from the end of sampling, which is the time necessary for the decay of short-lived radionuclides. The enhanced presence of short-lived radionuclides results from the momentary status of the atmosphere during the air sampling and directly depends on meteorological situation.

Uvod

Nuklearne elektrane dostigle su danas visoki stupanj tehničkog razvoja i pogonske sigurnosti, što ih stavlja, po pitanju sigurnosti, u sam vrh elektroenergetskih postrojenja. Iako su pri radu nuklearnih postrojenja mjere zaštite izuzetno stroge, nije moguće potpuno isključiti mogućnost radioloških nezgoda.

U slučaju nekontroliranog ispuštanja radioaktivnih tvari u okoliš uslijed nuklearnih nesreća važne su brze procjene stupnja radioaktivne kontaminacije okoliša, u svrhu pravodobnog poduzimanja odgovarajućih zaštitnih mjera. Pokretni radiološki timovi, značajan su dio sustava održavanja pripravnosti u slučaju kriznih stanja izazvanih eventualnom nuklearnom nesrećom. U kasnijoj fazi nuklearne nesreće, nakon prolaska radioaktivnog oblaka, oni brzim i jednostavnim metodama mjerenja učinkovito pribavljaju podatke potrebne za procjenu radiološke situacije. Nakon lociranja radioaktivnog oblaka zadaća pokretnog tima jest provesti nadzor područja brzim metodama mjerenja, u što kraćem vremenu, u svim smjerovima oko elektrane do predviđenih udaljenosti. Brze metode uključuju mjerenja brzine ekspozicijske doze, ukupne alfa aktivnosti zraka, ukupne beta aktivnosti zraka, *in situ* gamaspektrometrijska mjerenja, te prikupljanje uzoraka (zrak, voda, hrana) za laboratorijska mjerenja u svrhu detaljne procjene stanja radioaktivne kontaminacije. Na osnovu tih podataka mjerodavne ustanove ili štabovi mogu potom donositi potrebne odluke.

U Jedinici za zaštitu od zračenja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu osnovan je još od samog početka rada nuklearne elektrane Krško (NEK) *Pokretni radiološki laboratorij za slučaj nuklearne nesreće*. Pokretni tim u sklopu redovitih vježbi održavanja spremnosti, dva puta godišnje na odabranim lokacijama sjeverozapadne Hrvatske obavlja mjerenja radioaktivnosti brzim metodama. Mjerne postaje odabrane su prema mogućim scenarijima kretanja radioaktivnog oblaka ispuštenog iz NEK. To su ujedno i referentne točke na kojima postoji mreža termoluminiscentnih dozimetara (kojima se neprekidno mjeri ekspozicijska doza zračenja) još od vremena prije puštanja u rad NEK. Ciljevi vježbi jesu utvrđivanje stanja operativnosti, stalno osposobljavanje i uvježbavanje osoblja Pokretnog laboratorija i cijele Jedinice za zaštitu od zračenja za mjerenje radioaktivne kontaminacije okoliša u slučaju nuklearne nesreće.

Metode

U ovaj su rad uključeni rezultati mjerenja brzim metodama brzina ekspozicijskih doza, ukupne alfa aktivnosti zraka i ukupne beta aktivnosti zraka.

Trenutna brzina ekspozicijske doze mjeri se ručnim detektorom KOMO TN postavljenim na visini od jedan metar iznad tla.

Za potrebe mjerenja ukupne alfa i beta aktivnosti zrak se na visini od jednog metra prosisava tijekom petnaest minuta kroz plavi Schneider-Poelman filter papir. Mjerenja terenskim alfa i beta brojačima u trajanju od petnaest minuta provode se petnaest minuta nakon uzorkovanja zraka.

Rasprava

Brzim terenskim metodama mjere se svi trenutno prisutni radionuklidi u atmosferi: bilo da su terestrijalnog podrijetla (kratkoživuci potomci prirodnih radioaktivnih nizova urana i torija) ili kozmogenog podrijetla, kao i u slučaju nuklearne nesreće fisijskog podrijetla. Radionuklidi terestrijalnog podrijetla su i alfa i beta i gama emiteri, dok su kratkoživuci nuklidi nastali u atmosferi pod djelovanjem kozmičkog zračenja uglavnom beta emiteri. U tablici 1. prikazana su vremena poluraspada nekih radionuklida prisutnih u atmosferi.

Tablica 1. Vremena poluraspada ($T_{1/2}$) kratkoživućih radionuklida terestrijalnog i kozmogenog podrijetla moguće prisutnih u atmosferi

Radionuklid	$T_{1/2}$	Radionuklid	$T_{1/2}$	Radionuklid	$T_{1/2}$	Radionuklid	$T_{1/2}$
^{210}Pb	7,06min	^{210}Ac	6,13h	^{210}Fr	71,8min	^{210}Ra	71,7h
^{210}Po	35,2min	^{210}Rn	65,6s	^{210}Po	35,6s	^{210}Po	16,0h
^{210}Bi	10,6min	^{210}Po	0,145s	^{210}Po	0,000000s	^{210}Po	3,6h
^{210}Po	0,000000s	^{210}Po	10,7h	^{210}Po	30,1min	^{210}Po	3,7h
		^{210}Bi	60,66min	^{210}Bi	7,7min	^{210}Ac	100min
		^{210}Po	3,057min	^{210}Po	4,77min	^{210}Po	66,6min
		^{210}Po	0,000000s	^{210}Po	0,645s	^{210}Po	37,3min

Veća prisutnost nekih od u tablici 1. navedenih radionuklida može prilikom mjerenja povećati vrijednosti ukupnih alfa i osobito beta aktivnosti u zraku, a da se pritom brzina ekspozicijske doze gama zračenja ne poveća. Povećana prisutnost kratkoživućih radionuklida posljedica je trenutnog stanja atmosfere (npr. magla, oborine i sl.) za vrijeme uzorkovanja i izravno ovisi o meteorološkim prilikama u kojima se ono provodi.

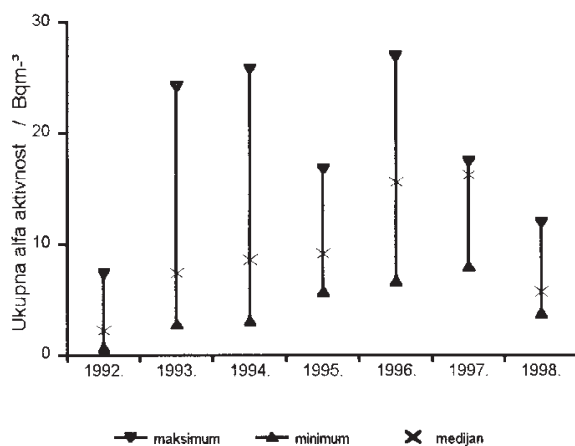
Rezultati mjerenja brzine ekspozicijske doze gama zračenja tijekom održavanja vježbi *Pokretnog laboratorija* za razdoblje od 1990. do 1998. godine prikazani su na

slici 1. Srednja vrijednost svih provedenih mjerenja iznosila je $2,90 \pm 0,35 \text{ nCkg}^{-1}\text{h}^{-1}$ (medijan $2,84 \text{ nCkg}^{-1}\text{h}^{-1}$). Maksimalna vrijednost zabilježena je 1990. godine u Zagrebu na lokaciji Instituta ($3,84 \text{ nCkg}^{-1}\text{h}^{-1}$), a minimalna u Jastrebarskom 1996. godine ($2,06 \text{ nCkg}^{-1}\text{h}^{-1}$). Trenutni iznosi brzina ekspozicijske doze ne razlikuju se od onih neprekidno mjerenih. Prosječna vrijednost brzine ekspozicijske doze izračunata iz dnevnih neprekidnih mjerenja tijekom 1998. godine na lokaciji Instituta iznosila je $3,31 \pm 0,11 \text{ nCkg}^{-1}\text{h}^{-1}$.

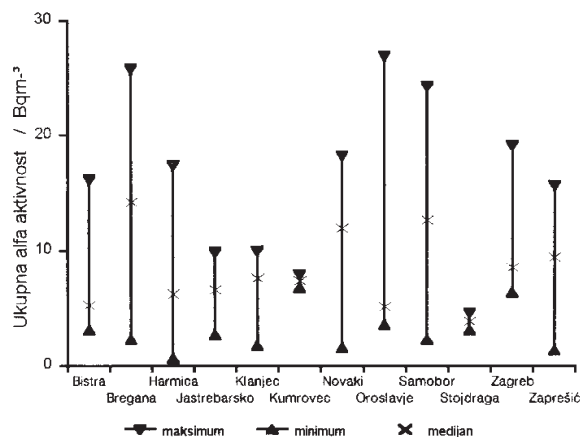
Ukupna alfa aktivnost zraka izmjerena tijekom vježbi *Pokretnog laboratorija* u posljednjih nekoliko godina prikazana je na slici 2.



Slika 1. Brzine eksplozijskih doza mjerene u sklopu vježbi Pokretnog laboratorija (1990-1998.)



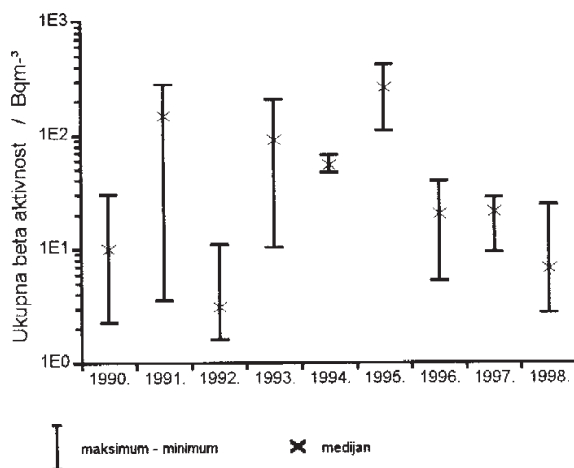
Slika 2. Ukupna alfa aktivnost zraka tijekom vježbi (1992-1998.)



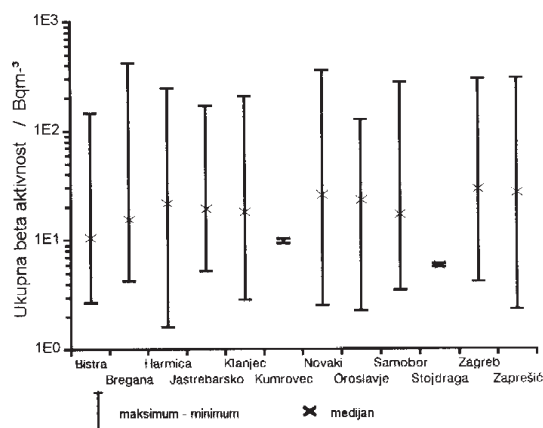
Slika 3. Ukupna alfa aktivnost zraka tijekom vježbi po lokacijama

Slika 3. prikazuje vrijednosti ukupne alfa aktivnosti zraka za svaku pojedinu lokaciju tijekom posljednjih nekoliko godina. Najveća vrijednost ukupne alfa aktivnosti zraka izmjerena je 8. listopada 1996. godine u Oroslavju ($26,93 \pm 0,32$ Bqm⁻³), a najmanja u Harmici 3. prosinca 1992. godine ($0,62 \pm 0,07$ Bqm⁻³).

Ukupna beta aktivnost zraka mjerena u sklopu održavanja vježbi *Pokretnoga laboratorija* tijekom posljednjih nekoliko godina prikazana je na slici 4. Vrijednosti ukupne beta aktivnosti zraka za svaku lokaciju obuhvaćenu održanim vježbama prikazane su na slici 5. Najveća vrijednost ukupne beta aktivnosti zraka zabilježena je u Bregani 20. listopada 1995. godine (412 ± 4 Bqm⁻³), najmanja pak u Harmici 3. prosinca 1992. godine ($1,6 \pm 0,1$ Bqm⁻³).



Slika 4. Ukupna beta aktivnost zraka tijekom vježbi (1990-1998.)



Slika 3. Ukupna beta aktivnost zraka tijekom vježbi po lokacijama

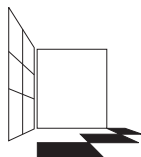
Mjerenje ukupne alfa i beta aktivnosti zraka provodi se i laboratorijskim mjerenjima. No, te vrijednosti nisu uporedive s vrijednostima dobivenima brzim metodama mjerenja budući da standardna procedura definira početak dugoga brojanja tek 120 sati nakon uzorkovanja (čeka se potrebno vrijeme za raspad kratkoživućih radionuklida).

Zaključak

Rezultati mjerenja radioaktivnosti zraka dobiveni tijekom do danas održanih vježbi *Pokretnog radiološkog laboratorija za slučaj nuklearne nesreće* koji djeluje u Jedinici za zaštitu od zračenja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu vrijedni su dio baze podataka o stanju radioaktivne kontaminacije područja sjeverozapadne Hrvatske. Podaci dugogodišnjih mjerenja brzim metodama omogućuju prepoznavanje i kvantifikaciju bilo kakvog odstupanja. U radu prikazani rezultati mjerenja brzine ekspozicijske doze gama zračenja, kao i ukupne alfa i beta aktivnosti zraka ne pokazuju odstupanja u odnosu na u prirodi prisutnu radioaktivnost, terestijalnog ili kozmogenog podrijetla. Saznanja dobivena tijekom vježbi *Pokretnog laboratorija* pokazuju da su primjenjene terenske mjerne tehnike dovoljno osjetljive da mogu detektirati prisutnost i svako povećanje koncentracije fisijskih radionuklida.

Literatura

1. Praćenje i procjena radioaktivne kontaminacije podrijetlom od rada NE Krško. Izvještaji IMI-NEK 8-16, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, 1991-1999.
2. Z. Franić, D. Ambrošić, A. Bauman. Terenska ekipa za mjerenje radioaktivnosti u slučaju nuklearne nesreće. *Sigurnost* 1992;34(2):151-157.
3. Z. Franić. Mobile unit and its role in the case of nuclear emergencies. International conference: Nuclear option in countries with small and medium electricity grids. Dubrovnik, 1998. Proceedings. Ed. V. Knapp et al. Croatian Nuclear Society Zagreb, 1998:497-502.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Pašalić, G.¹, Babić, D.¹, Dukić, V.²

Automatska postaja za praćenje kakvoće zraka AP Fižela – Pula

Sažetak: U sklopu projekta “Verifikacija – optimalizacija praćenja kakvoće zraka Istarske županije” poduzeće Dvokut ECRO predložilo je i Županijsku mrežu postaja za praćenje kakvoće zraka.

Optimizirana županijska mreža za praćenje kakvoće zraka sastojala bi se iz :

- Automatskih mjernih postaja
- Klasičnih mjernih postaja
- Sustava za prijenos podataka
- Sustava informiranja

U radu je prikazana prva automatska postaja postavljena u Puli na lokaciji Stoja-Fižela, njene karakteristike, mogućnosti, princip rada te način obrade i prikaza podataka.

Automatic Ambient Air Monitoring Station AP Fižela – Pula, Croatia

Summary: Through the project “Verification, optimization air quality monitoring in Istria County” company Dvokut Ecro has proposed the County Air Quality Monitoring System. Such a System will be made up as follows :

- Automatic Monitoring Stations
- Classical Monitoring Stations
- Data Acquisition System
- Information System

This paper shows characteristics, princip of the work and Data Acquisition System of the first Automatic Air Quality Monitoring Station (in Croatia) in Pula, location Stoja-Fižela.

Uvod

U sklopu projekta “Verifikacija – optimalizacija praćenja kakvoće zraka Istarske županije” poduzeće Dvokut ECRO je, nakon obrade, analize i sinteze postojećih podataka te testiranja i verifikacije postojećeg sustava praćenja onečišćenja i sadašnjih mjernih mjesta, predložilo Županijsku mrežu postaja za praćenje kakvoće zraka.

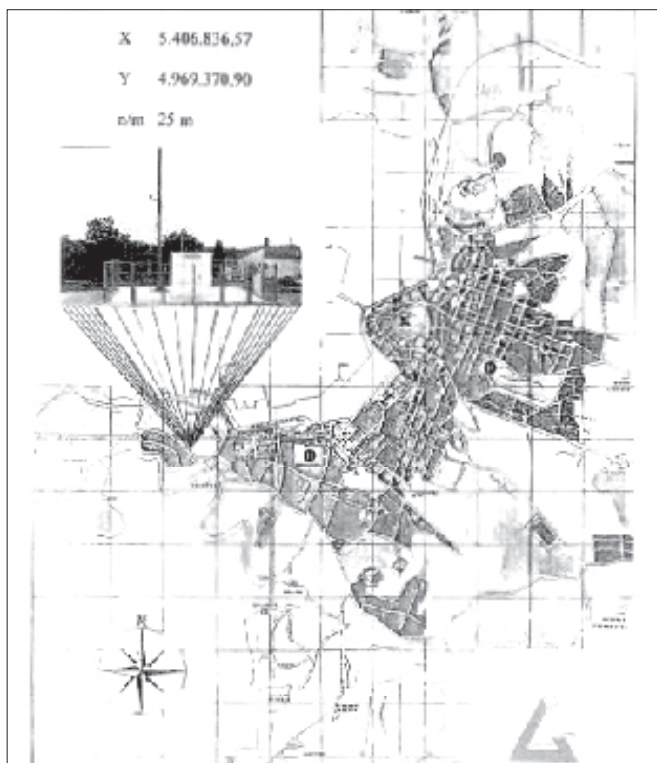
1 Goran Pašalić, dipl.inž., Davor Babić, dipl.inž., DVOKUT ECRO, Zagreb

2 Vesna Dukić, dipl.inž., Upravni odjel za prostorno uređenje i zaštitu okoliša, Grad Pula

Optimalna županijska mreža za praćenje kakvoće zraka osim već postojećih klasičnih postaja sadržavat će 9 automatskih mjernih postaja, sustav za prijenos podataka te sustav informiranja. Tako kompletirana omogućit će izradu i korištenje odgovarajućih matematičkih modela kao najkvalitetnijeg načina za:

- objektiviziranje kakvoće zraka i ocjenu prostorne distribucije onečišćenja,
- izvođenje prognostičkih zaključaka,
- praćenje, ocjenu i analizu daljinskog transporta,
- simulacije incidentnih situacija i određivanje interventnih mjera,
- izradu podloga za dokumente praćenja stanja u prostoru i dokumente prostornog uređenja

Prva od 9 predviđenih automatskih postaja otvorena je i puštena u rad 06.10.1998. u Puli na lokaciji Fižela-Stoja.



Slika 1. Automatska postaja za praćenje kakvoće zraka - AP Fižela

Automatska postaja je kontejnerskog tipa energetski fleksibilna jer je priključena na standardnu električnu mrežu (za manje postaje predviđen je solarni energetski sustav napajanja). Postaja se sastoji od:

- instrumenata za mjerenje imisijskih koncentracija: SO_2 , NO_x (NO_2 , NO), CO , CO_2 , lebdećih čestica (proizvođač: HORIBA, Japan)
 - instrumenata za mjerenje meteoroloških parametara : brzina i smjer vjetra, temperatura i rel. vlaga zraka (proizvođač: VAISALA, Finska)
 - sedimentatora (proizvođač: BERGERHOF, Njemačka)
 - sustava za automatsku obradu podataka (proizvođač: HORIBA, Japan)
- Mjerni uređaji su modularnog tipa , jednostavno promjenljivog instrumentarija.

Mjerni instrumenti i metode mjerenja

APSA 360 ANALIZATOR ZAMJERENJE KONCENTRACIJE SO_2

metoda mjerenja : UV fluorescencija

mjerno područje : 0-50/ 0-100/ 0-500 ppb

točnost: +/- 2 %

automatska kalibracija kalibracijskim plinom

APNA 360 ANALIZATOR ZAMJERENJE KONCENTRACIJE NO_x , NO_2 , NO

metoda mjerenja : kemiluminiscencija

mjerno područje : 0-0,1/ 0-0,2/ 0-1,0 ppm

točnost: +/- 2 %

automatska kalibracija kalibracijskim plinom

APBA 250E ANALIZATOR ZAMJERENJE KONCENTRACIJE CO_2

metoda mjerenja : infracrvena apsorpcija

mjerno područje : 0-3000 ppm

točnost: +/- 1,5 %

automatska kalibracija kalibracijskim plinom

APMA 360 ANALIZATOR ZAMJERENJE KONCENTRACIJE CO

metoda mjerenja : infracrvena apsorpcija

mjerno područje : 0-10/ 0-20/ 0-50/ 0-100 ppm

točnost: +/- 3 %

automatska kalibracija kalibracijskim plinom

FH 62 I-R ANALIZATOR ZAMJERENJE KONCENTRACIJE

LEBDEĆIH ČESTICA

metoda mjerenja : apsorpcija β zračenja

mjerno područje : 0-5000 mg/m^3

točnost: +/- 0,5 %

kalibracija kalibracionim folijama

BRZINA I SMJER VJETRA

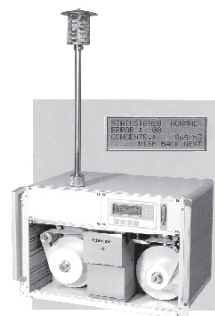
WAT12 optoelektrički pretvornik

WAA151, WAV 151 – senzori

TEMPERATURA I REL. VLAGA ZRAKA

HMP30 – termistorski termometar

HMP35 – poluvodički mj. pretvarač rel. vlage



Sustav za prikupljanje podataka

Osnovna namjena sustava je prikupljanje, analiza i kontrola mjerenih pokazatelja. Sve izmjerene veličine se prikupljaju u uređaju za prikupljanje podataka. Iz izmjerenih trenutnih vrijednosti uređaj izračunava srednje vrijednosti (3-minutne, polusatne, satne, 24-satne ...). Uređaj za prikupljanje podataka temelji se na standardnoj PC strojnoj platformi i odgovarajućim sučeljima prema mjernoj opremi. Sve se izmjerene veličine mogu pratiti i lokalno pa automatska postaja može raditi i potpuno samostalno tj. bez komunikacijske veze sa centrom. Za prijenos podataka koristi se HP mreža.

Sustav sa centralnom jedinicom koja se nalazi u prostorijama Županijskog zavoda za javno zdravstvo u Puli, je konfiguriran tako da zadovolji postojeće i buduće potrebe, koristeći danas suvremenu računalnu i komunikacijsku opremu.

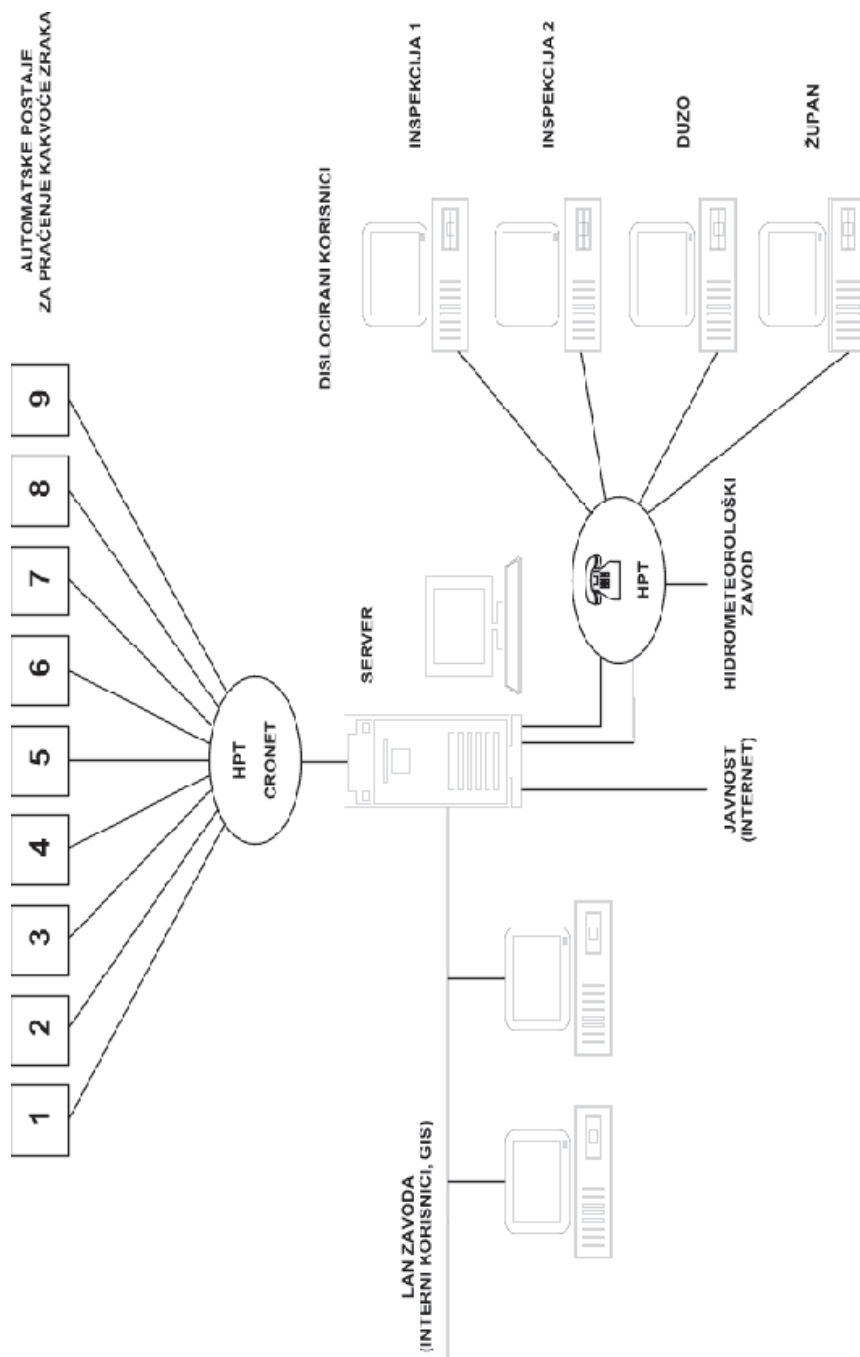
Temeljne zadaće centralne jedinice su:

- prikupljanje podataka iz automatskih postaja i pohrana u bazu podataka
- obrada i prikaz podataka
- distribucija podataka drugim (vanjskim) korisnicima
- distribucija izvješća u javnost (display, internet)

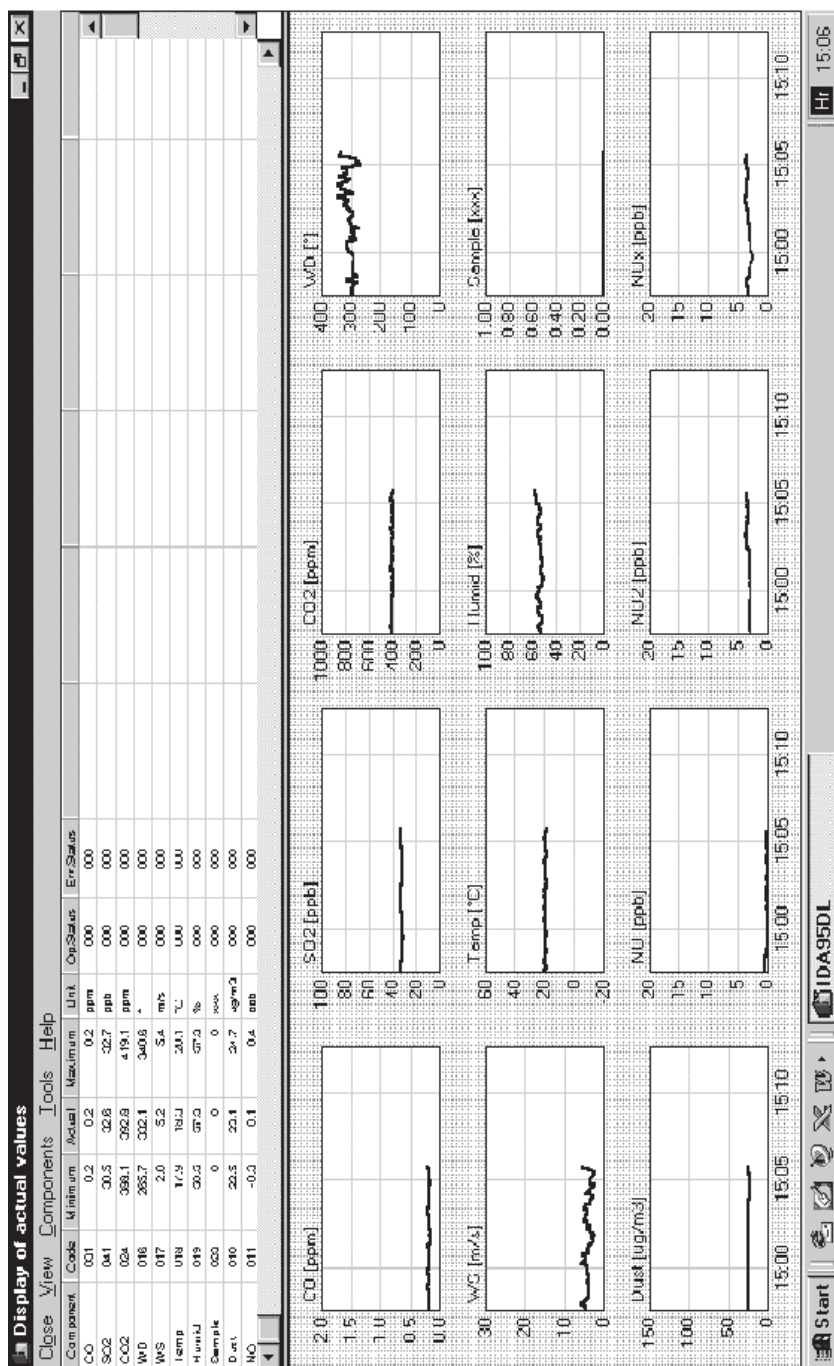
Prikupljeni podaci obrađuju se i analiziraju u skladu s Uredbom o preporučenim i graničnim vrijednostima (N.N. 101/96), a za prikaz mjerenih vrijednosti koriste se slijedeći statistički parametri:

C(24h)	aritmetička sredina	vrijeme usrednjavanja 24 h
CM(24h)	maksimalna vrijednost	vrijeme usrednjavanja 24 h
CM(1h)	maksimalna vrijednost	vrijeme usrednjavanja 1 h
C ₅₀ (24h)	50. percentil	vrijeme usrednjavanja 24 h
C ₅₀ (1h)	50. percentil	vrijeme usrednjavanja 1 h
C ₉₈ (24h)	98. percentil	vrijeme usrednjavanja 24 h
C ₉₈ (1h)	98. percentil	vrijeme usrednjavanja 1 h

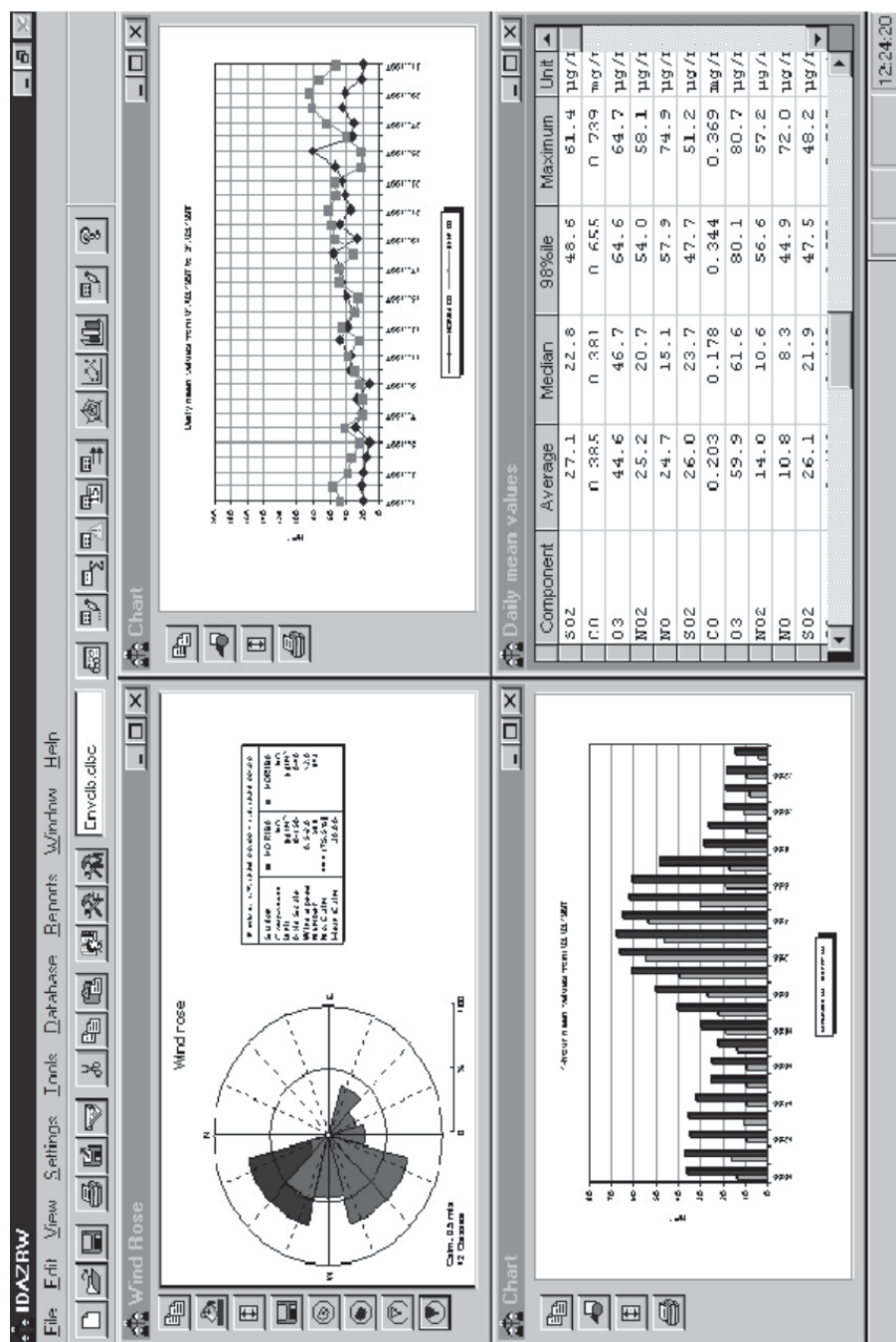
C ₅₀ ²		Uređaj									
Tablica 1.		<table> <tr> <td>C₅₀(24h)</td><td>C₅₀(1h)</td><td>C₉₈(24h)</td><td>C₉₈(1h)</td></tr> <tr> <td>30</td><td>120</td><td>300</td><td>1200</td></tr> </table>		C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	30	120	300	1200
C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)								
30	120	300	1200								
C ₉₈ ²		Uređaj									
Tablica 2.		<table> <tr> <td>C₉₈(24h)</td><td>C₉₈(1h)</td><td>C₅₀(24h)</td><td>C₅₀(1h)</td></tr> <tr> <td>30</td><td>120</td><td>300</td><td>1200</td></tr> </table>		C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	30	120	300	1200
C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)								
30	120	300	1200								
C ₅₀ ¹		Uređaj									
Tablica 1.		<table> <tr> <td>C₅₀(24h)</td><td>C₅₀(1h)</td><td>C₉₈(24h)</td><td>C₉₈(1h)</td></tr> <tr> <td>30</td><td>120</td><td>300</td><td>1200</td></tr> </table>		C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	30	120	300	1200
C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)								
30	120	300	1200								
C ₉₈ ¹		Uređaj									
Tablica 2.		<table> <tr> <td>C₉₈(24h)</td><td>C₉₈(1h)</td><td>C₅₀(24h)</td><td>C₅₀(1h)</td></tr> <tr> <td>30</td><td>120</td><td>300</td><td>1200</td></tr> </table>		C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	30	120	300	1200
C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)								
30	120	300	1200								
C ₅₀ ⁰		Uređaj									
Tablica 1.		<table> <tr> <td>C₅₀(24h)</td><td>C₅₀(1h)</td><td>C₉₈(24h)</td><td>C₉₈(1h)</td></tr> <tr> <td>30</td><td>120</td><td>300</td><td>1200</td></tr> </table>		C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	30	120	300	1200
C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)								
30	120	300	1200								
C ₉₈ ⁰		Uređaj									
Tablica 2.		<table> <tr> <td>C₉₈(24h)</td><td>C₉₈(1h)</td><td>C₅₀(24h)</td><td>C₅₀(1h)</td></tr> <tr> <td>30</td><td>120</td><td>300</td><td>1200</td></tr> </table>		C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	30	120	300	1200
C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)								
30	120	300	1200								
C ₅₀ ⁰		Uređaj									
Tablica 1.		<table> <tr> <td>C₅₀(24h)</td><td>C₅₀(1h)</td><td>C₉₈(24h)</td><td>C₉₈(1h)</td></tr> <tr> <td>30</td><td>120</td><td>300</td><td>1200</td></tr> </table>		C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	30	120	300	1200
C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)								
30	120	300	1200								
C ₉₈ ⁰		Uređaj									
Tablica 2.		<table> <tr> <td>C₉₈(24h)</td><td>C₉₈(1h)</td><td>C₅₀(24h)</td><td>C₅₀(1h)</td></tr> <tr> <td>30</td><td>120</td><td>300</td><td>1200</td></tr> </table>		C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)	30	120	300	1200
C ₉₈ (24h)	C ₉₈ (1h)	C ₅₀ (24h)	C ₅₀ (1h)								
30	120	300	1200								



Slika 2. Shematski prikaz Sustava za prikupljanje podataka



Slika 3. Real-time monitoring - praćenje trenutnih vrijednosti mjerenih veličina



Slika 4. Prikaz podataka na ekranu

Istovremeno mjerenje koncentracija onečišćenja i meteo parametara (smjer vjetra) omogućava objektivno sagledavanje situacije po pitanju kakvoće zraka i ujedno utvrđivanje mogućeg onečišćivača.

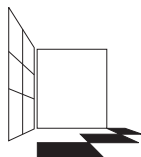
Zaključak

AP Fižela kao dio buduće mreže postaja Istarske županije (odnosno državne mreže) predstavlja kvalitetan pomak u načinu prikupljanja podataka o kakvoći zraka. Kvaliteta opreme osigurava samostalnost u radu te svodi ljudski faktor na minimum. Veliki fond prikupljenih podataka omogućava preciznu, ažurnu i objektivnu ocjenu stanja kakvoće zraka, a kako se radi o real-time monitoringu uz mogućnost prijenosa i prikaza izmjerenih “trenutnih” koncentracija onečišćenja omogućeno je, na jednostavan i lako razumljiv način, trenutno i dnevno izvješće javnosti o kakvoći zraka putem web stranice na internetu i javnog displaya postavljenog u centru Pule.

Uspostavom kompletne županijske mreže predviđen je prikaz podataka u GIS formatu što će omogućiti kvalitetnije praćenje i odabir mjera zaštite i sanacije postojećih i budućih izvora te osigurati relevantne podloge za prostorne i druge dokumente.

Literatura

1. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka , N.N. 101/96
2. Horiba Air Pollution monitor AP-360 Series – Instruction manuel
3. Pašalić G., Babić D., Papišta D., Verifikacija-optimalizacija praćenja kakvoće zraka Istarske županije, Dvokut Ecro, prosinac 1997.
4. Pašalić G., Babić D. , Izvještaj o mjerenju kakvoće zraka na automatskoj postaji Fižela, listopad 1998. – lipanj 1999. , Dvokut Ecro, srpanj 1999.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Pavlinić, Z.¹, Pančocha, D.², Šmel-Cerovečki, S.¹, Donelli, D.¹

Rezultati kontinuiranog praćenja kakvoće zraka u okruženju industrijskog postrojenja INA-Maziva Zagreb

Sažetak: U ovom radu su prikazani rezultati novijih i ranijih dugogodišnjih mjerenja kakvoće zraka u okruženju industrijskog postrojenja INA-Maziva Zagreb. Procjena kakvoće zraka temelji se na svakodnevnom kontinuiranom mjerenju koncentracije sumpor (IV) oksida, dima i ukupnih ugljikovodika u uzorkovanom zraku metodama acidimetrije, fotometrije odnosno plinske kromatografije te statističkoj analizi rezultata mjerenja. Dobiveni parametri (aritmetička sredina, maksimalne vrijednosti, 98, 95, i 50 percentili svih izmjerenih vrijednosti koncentracija pojedinih onečišćenja) uspoređeni su s preporučenim (PV) i graničnim (GV) vrijednostima za urbano-industrijska područja. Dobivene informacije o razini onečišćenosti zraka navedenim štetnim tvarima tijekom promatranog razdoblja pokazale su da INA-Maziva Zagreb svojom proizvodnom aktivnošću već niz godina ne utječe značajno na kakvoću zraka, te da se prema zakonskim propisima za ovo područje može utvrditi prva kategorija kakvoće zraka s obzirom na sumpor (IV) oksid i dim. Premda Hrvatska još nema propisa kojima bi ograničila koncentracije ukupnih ugljikovodika u vanjskoj atmosferi, mjerenja koja se provode trebaju biti shvaćena kao napor INA-Maziva Zagreb da stalnim praćenjem visine i tijeka kretanja koncentracija ukupnih ugljikovodika u vanjskoj atmosferi, vodi brigu o čistoći zraka kao dijelu okoliša od općeg dobra.

Results of Continuous Air Quality Monitoring at the Industrial Location of INA-Maziva Zagreb

Summary: This paper presents the results of recent and earlier long term air quality measurements at the industrial location of INA-Maziva Zagreb. The air quality estimation was based on the continuous daily concentration measurements of sulphur (IV) dioxide, smoke and total hydrocarbons in sampled air (carried out by acidimetric, photometric and gas chromatography methods), and on statistical evaluation of experimental data.

1 Zlata Pavlinić, Svea Šmel Cerovečki, Dubravka Donelli, INA-Sektor strateškog razvoja i istraživanja

2 Doris Pančocha, INA-Maziva Zagreb

Sulphur (IV) dioxide and smoke parameters obtained (arithmetic mean value, maximum value, 98, 95, and 50 percentiles of the measured concentration values) were compared to the defined air quality recommended and limit values (Act on Air Protection) for urban-industrial areas.

Until now, there are no any Croatian air quality standard or guideline which would impose a limitation on these pollutants in the ambient air to which total hydrocarbons data could be compared. So the presented results must be understood only as an effort of INA-Maziva to provide air quality information data through performing continuous monitoring of the concentration levels and trends of total hydrocarbon pollutants in the surrounding air.

The results of analysis are presented in the table and graphs.

According to the air pollution level results for the sulphur (IV) dioxide and smoke, INA-Maziva Zagreb location was established as the first category air quality area (an area in which the recommended value has not been exceeded) for a longer perion of time.

Uvod

Tijekom svojih proizvodnih aktivnosti, korištenja proizvoda, davanja usluga, INA-Maziva Zagreb u stalnoj je interakciji s okolišem. U okviru svoje odgovornosti za sigurnost, zdravlje i okoliš, ova organizacija već niz godina (od 1978.godine) vodi brigu o čistoći zraka u svom okruženju, provodeći kontinuirana mjerenja imisijskih koncentracija SO_2 , dima i ukupnih ugljikovodika (THC/VOCs).

INA-Maziva Zagreb proizvodi industrijska ulja, masti i aditive. Destilacija nafte, autoklavi za proizvodnju masti, gudronske peći, istovari nafte iz auto i željezničkih cisterni, energetika, sirovine (nafta, bazna ulja, etilen glikol i dr.) u promatranom vremenu i prostoru bili su osnovni mogući izvori onečišćenja zraka s kojima se miješaju onečišćenja koja dolaze od gustog okolnog cestovnog prometa, kućnih ložišta i postojećih industrija. Kvaliteta zraka ovisi osim o izvorima emisije i o meteorološkim i klimatskim uvjetima ovog područja.

Za praćenje kakvoće zraka primjenjene su relativno jednostavne i jeftine metode. Aparatura za uzorkovanje zraka postavljena je u samom središtu tvornice. Prikupljeni uzorci analiziraju se u tvornici (SO_2) i INA SSRI (dim, THC/VOCs, statistička obrada svih rezultata te izrada godišnjeg Izvješća).

INA-Maziva Zagreb nastavlja mjerenja što je jedan od načina kontrole kvalitete zraka, te zaštite zdravlja i okoliša.

Uzorak i metode

Aparatura za uzorkovanje zraka i sakupljanje uzoraka SO_2 , dima i THC/VOCs, postavljena je na jednom reprezentativnom mjestu u središtu tvorničkog kruga. Navedena onečišćenja sakupljaju se na propisani način, metodom absorpcije (SO_2), filtriranjem (dim) i adsorpcije (THC/VOCs). Uzorci se analiziraju acidimetrijski (SO_2) (1-3), fotometrijski na reflektometru (dim) (4), te plinskom kromatografijom (THC/VOCs) (5).

Sakupljaju se 24-satni uzorci onečišćenja, te se iz dnevnih rezultata određuju godišnje vrijednosti zahtijevanih parametara. Mjerna godina započinje 1. travnja jedne, a završava 31.ožujka slijedeće kalendarske godine.

Rezultati mjerenja dnevnih koncentracija SO_2 i dima statistički se obrađuju, a dobiveni parametri uspoređuju se sa zakonskim normama za preporučene (PV) i granične vrijednosti (GV) kakvoće zraka (6, 7), što između ostalog omogućuje kategorizaciju područja na kojem su izvršena mjerenja, po stupnju onečišćenosti zraka. U prvoj kategoriji se svrstavaju područja područja u kojima nisu prekoračene PV, u drugoj kategoriji područja su prekoračene PV ali nisu prekoračene GV, a u trećoj kategoriji su prekoračene GV.

U Hrvatskoj još nisu zakonski propisana ograničenja za THC/VOCs u vanjskoj atmosferi. Pretraživanjem literature u svezi smjernica/standarda neke zemlje (prvenstveno europske) nailazi se samo na ograničavanje pojedinačnih ugljikovodika (8, 9, 13). Dodatna poteškoća u pronalaženju imisijskih granica s kojima bi se rezultati mjerenja mogli uspoređivati je ta, da su one relevantne samo u slučaju kad je način mjerenja i sistem ocjene identičan (10). Praćenje iskustva drugih istraživača na tom planu je u tijeku. (11, 12, 14).

Rezultati i diskusija

Imisije sumpor (IV) oksida i dima

Rezultati višegodišnjih mjerenja (od 1978–1999.godine) SO_2 i dima grafički su prikazani na slikama 1(a,b) i 2(c,d). Podaci pokazuju da je onečišćenje zraka dimom bilo izrazitije nego sumpornim dioksidom. Srednje godišnje koncentracije SO_2 i dima (C_{srv}) bile su znatno niže od normom propisanih preporučenih vrijednosti (PV).

Godišnje maksimalne koncentracije SO_2 i dima (C_{max}) prelazile su preporučene vrijednosti (PV_M), međutim u većini slučajeva radilo se o jednodnevnom prekoračenju ili je učestalost prekoračenja bila manja od 2% (dopuštena granica) ukupnog broja mjerenja. Vrijednosti za C_{95} nisu premašile ranije važeće smjernice, a nakon 1995. godine, kada se Uredbom uvode GV_{98} i GV_{50} , rezultati mjerenja pokazuju da nisu premašene propisane granične vrijednosti za visoke i srednje koncentracije.

Vrijednosti statističkih parametara za izmjerene koncentracije SO_2 i dima pokazuju da se za okruženje INA-Maziva Zagreb može utvrditi I kategorija kakvoće zraka za ukupno mjereno razdoblje.

Imisije SO_2

Tijekom prvih 10 godina promatranog razdoblja srednje godišnje koncentracije (C_{srv}) kretale su se u rasponu od $4\text{--}31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a u drugom dijelu promatranog razdoblja od $3\text{--}13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ SO_2 u zraku ($PV = 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Nakon pada vrijednosti od 81% tijekom 1987/88. godine koncentracije su ostale niske.

Godišnje maksimalne koncentracije u prvih su 10 godina bile izrazito visoke ($103\text{--}834\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$), ali se tijekom 1987/88. god. smanjuju i više nisu prelazile normu $PV_M = 125\text{ g}/\text{m}^3\text{ SO}_2$ u zraku.

Vrijednosti C_{95} kretale su se u području od $12\text{--}123\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, od čega se 65% vrijednosti odnosi na raspon koncentracija od $31\text{--}98\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ SO}_2$ u zraku. Od 1995. godine rezultati se izražavaju vrijednostima C_{98} i C_{50} . U navedenom periodu učestalost visokih koncentracija raste, ali su vrijednosti ispod razine $GV_{98} = 350$ i $250\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ SO}_2$ u zraku. Pedeset percentili (medijani) su već 4 godine na razini vrijednosti od $0\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$, a u periodu loženja kretali su se od $5\text{--}10\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ SO}_2$ u zraku ($GV_{50}^* = 180$ odnosno $130\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tijekom perioda loženja (1. listopada–31. ožujak) zapaža se utjecaj okolnih kućnih ložišta i drugih industrijskih postrojenja, pa je učestalost visokih koncentracija najveća, te se tada mjere maksimalne mjesečne/godišnje vrijednosti ($C_{\max}$).

Minimalne/niske dnevne koncentracije SO_2 najučestalije su tijekom proljetnih i ljetnih mjeseci. U 1998/99. godini, 65% ukupnih mjerenja pokazuje rezultat od $0\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3\text{ SO}_2$ u zraku.

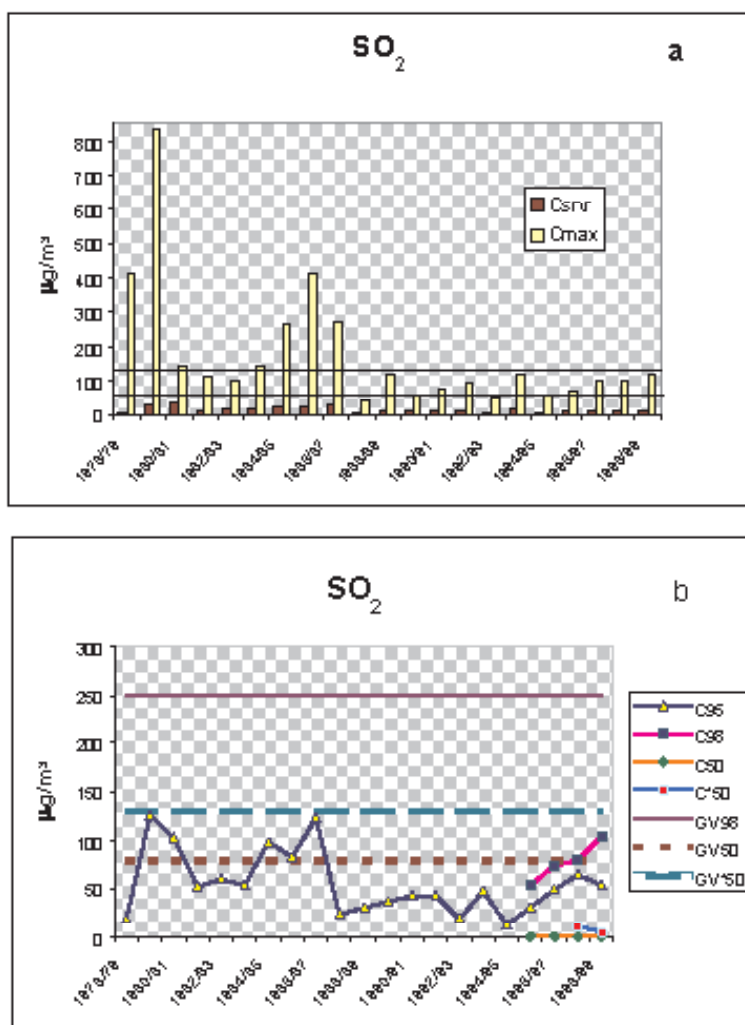
Imisije dima

Srednje godišnje koncentracije (C_{srv}) dima u promatranom mjernom razdoblju (1978–1999. godine) kretale su se u rasponu od $7\text{--}45\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ dima u zraku ($PV = 50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$). Tijekom prvih 13 godina (1978–1991. godine), vrijednosti C_{srv} dima su bile u prosjeku više nego u preostalom dijelu (1991–1999. godine) promatranog razdoblja. Do 1991. godine najveći broj (77%) vrijednosti C_{srv} se kretao u rasponu koncentracija od $20\text{--}45\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ dima u zraku. Od 1991–1999. godine vrijednosti C_{srv} dima su se malo mijenjale; najveći broj (75%) promatranih vrijednosti C_{srv} kretao se u rasponu od $21\text{--}22\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ dima u zraku.

Godišnje maksimalne koncentracije ($C_{\max}$) dima za razdoblje od 1978–1999. godine kretale su se u području od $49\text{--}638\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($PV_M = 125\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$), pri čemu su vrijednosti u prvoj dekadi bile u prosjeku više nego u drugoj dekadi promatranog razdoblja.

Vrijednosti za C_{95} kretale su se u promatranom periodu u rasponu od $18\text{--}128\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ dima u zraku, u kojem je najveći broj (70%) vrijednosti bio u rasponu od $31\text{--}82\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$. U posljednje 4 godine, C_{95} vrijednosti se kreću u rasponu od $40\text{--}54\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ dima u zraku.

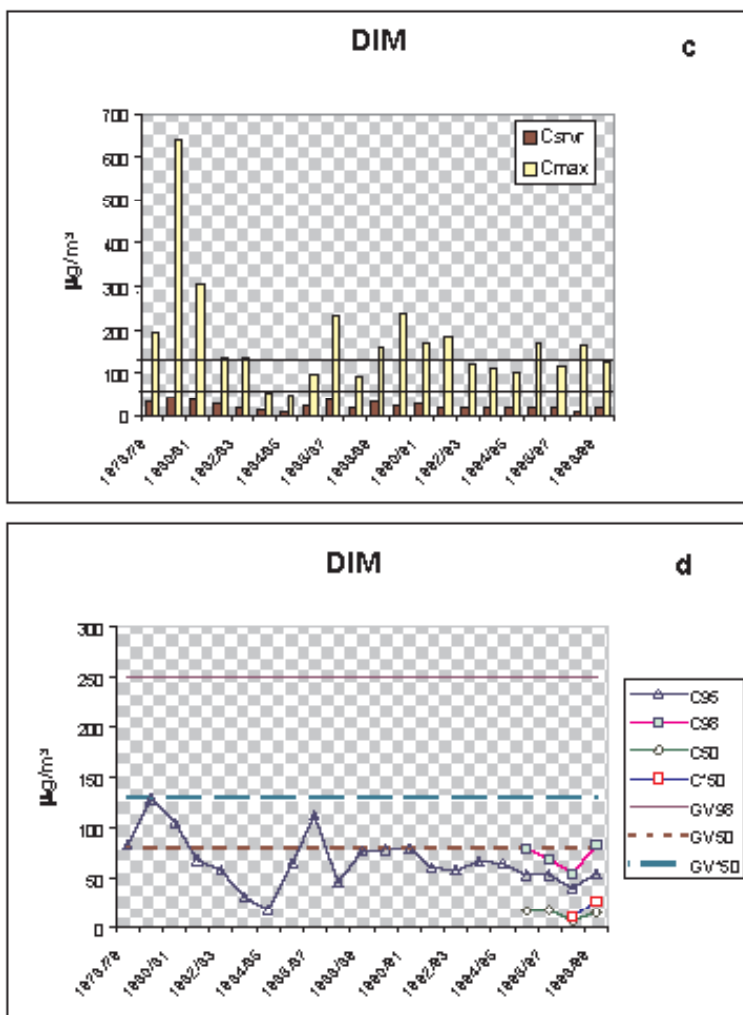
Vrijednosti za C_{98} u razdoblju od 1995–99. godine kretale su se u rasponu od $54\text{--}82\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ dima u zraku ($GV_{98} = 150\text{--}250\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$), a godišnji medijani koncentracija u rasponu od $6\text{--}16\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($GV_{50} = 40\text{--}80\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$), odnosno u periodu loženja od $10\text{--}27\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ dima u zraku ($GV_{50}^* = 60\text{--}130\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$). Sve navedene vrijednosti bile su niže od propisanih graničnih vrijednosti: GV_{98} , GV_{50} (cijela godina) i GV_{50}^* (period loženja).



Slika 1. Srednje (C_{srv}), maksimalne (C_{max}), visoke (C_{95} , C_{98}) i medijanske (C_{50}) godišnje koncentracije (u g/m^3) za SO_2 (a,b) u atmosferi okruženja INA-Maziva Zagreb, kroz razdoblje od 1978-1999. godine

Imisije ukupnih ugljikovodika

U promatranom mjernom razdoblju (tablica 1.) prosječne koncentracije ukupnih ugljikovodika pokazuju određene pravilne sezonske promjene tijekom mjernih godina. Premda su podaci u pojedinim serijama pomalo raspršeni, može se utvrditi da su izmjerene koncentracije u prosjeku više tijekom proljeća i/ili ljeta te da se smanjuju tijekom jeseni, prema zimskim mjesecima.



Slika 2. Srednje (C_{srv}), maksimalne (C_{max}), visoke (C_{95} , C_{98}) i medijanske (C_{50}) godišnje koncentracije (u $\mu\text{g}/\text{m}^3$) za dim (a,b) u atmosferi okruženja INA-Maziva Zagreb, kroz razdoblje od 1978-1999. godine

Četiri mjerne godine (1985/86, 1991/92, 1992/93 i 95/96) bile su opterećene značajno višim koncentracijama THC/VOCs u odnosu na preostalo razdoblje, pri čemu je 1992/93. godina dominantna po izvanredno visokim prosječnim i maksimalnim mjesečnim vrijednostima koncentracije THC/VOCs. Navedene epizode tijekom 1991/93 i 1995. godine povezane su s ratnim zbivanjima, a izvori ovih visokih emisija nisu bili otkriveni. Ako se kritične mjerne godine ne uzmu u obzir, koncentracije su se u promatranom periodu kretale u području od 0,01–18

mg/m³ (prosječne koncentracije su bile oko 3 mg/m³) THC/VOCs u zraku. Prema jednom literaturnom podatku (11) o rezultatima mjerenja TVOCs u urbanom okruženju pokazuju da količina TVOCs varira od 3 do 42 ppmv (prosječna koncentracija je bila oko 19 ppmv) te da rezultati pokazuju izrazite vremenske i sezonske promjene u promatranom razdoblju. Grubo uzevši, rezultati imisija na području INA-Maziva Zagreb mogu se naći u tom rasponu koncentracija.

Ovogodišnji rezultati pokazuju izraziti pad vrijednosti srednjih mjesečnih koncentracija od travnja (11,28 mg/m³) prema studenom (oko 80%), nakon kojeg koncentracije ostaju niske do kraja mjernog razdoblja tj. u području od 0,13–0,77 mg/m³ ugljikovodika u zraku.

Tablica 1. Srednje mjesečne koncentracije ukupnih ugljikovodika (u mg/m³) u atmosferi okruženja INA-Maziva Zagreb Razdoblje mjerenja: 1. travanj 1982. do 31.ožujak 1999.godine

godina	travanj	svibanj	lipanj	srpanj	kolovoz	rujan	listopad	studeni	prosinac	srednja	standard	koefic.
1982.	0	0,0	1,6	0,51	3,00	3,01	3,45			0,33	0,00	0,00
1983.	0,36	0,0	0,16	0,40	0,40	1,66	0,65	0,66	0,40	1,0,66	1,1,00	3,30
1984.	2,1	2,36	1,20	1,3	1,36	1,25	<0,01	1,4	0,05	1,1,22	1,0,20	11,45
1985.	12,07	15,53		13,12	0,50	0,66	0,00	6,32	4,06	13,22	7,14	2,70
1986.	1,04	4,10	4,30	1,45	1,36	3,93	0,10	0,30	0,00	0,44	0,06	1,40
1987.	0,71	4,3	2,36	2,62	3,2	2,10	0,50	0,70	1,5	2,36	1,20	2,76
1988.	0,45	1,2	0,70	1,25	0,30	1,40	1,30	0,06	1,30	0,34	0,55	0,16
1989.	6,0,00	6,4,06		4,0,00	6,0,10		6,0,30	0,0,42	0,0,00	1,0,00	0,1	1,0,0
1990.	0,015	0,004		15,4,2	1,014		1,0,1	0,0	0,06,0	0,1,4	0,0,6	0,0,20
1991.	4,7	16,1	11,6	14	2,4	10,4	6,4	10	2,5	2	2,0	2,0
1992.	1,6	6,0	4,40	1,00	0,30	0,00	6,00	0,06	4,40	0,02	1,66	0,01
1993.	5,25	2,30	1,7,2	26,0,0	0,2,4		20,25	0,0,05	16,6	1,4,20	5,4,2	0,20
1994.	6,22	10,00	5,04	1,40	1,51	3,1,7	2,25	1,54	0,22	0,46	0,22	0,15
1995.	1,06	0,70	4,16	0,30	0,06	0,06	3,66	1,0,0	0,00		3,0,06	0,00
1996.	11,20	2,00	6,20	1,36	4,30	4,06	4,5	0,24	0,54	0,13	0,21	0,15

Zaključak

Na području postrojenja INA-Maziva Zagreb, već je niz godina uspostavljen sistem kontinuiranog mjerenja imisijske koncentracije sumpor (IV) oksida, dima i ukupnih ugljikovodika. Vrijednosti statističkih parametara za izmjerene koncentracije SO₂ i dima pokazuju da se za okruženje INA Maziva Zagreb može utvrditi I kategorija kakvoće zraka.

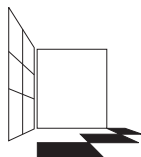
Koncentracije ukupnih ugljikovodika u periodu od 1982–1999. godine kretale su se u području od 0,01–18,86 mg/m³ THC/VOCs u zraku (četiri epizodne godine nisu uračunate). U Hrvatskoj još nije propisano ograničavanje THC/VOC u vanjskoj atmosferi, tako da se za sada prate količina i kretanje ovih štetnih onečišćivača te iskustva drugih zemljama na tom području. Analiza pojedinačnih komponenata THC/VOCs bila bi neophodna za preciznije definiranje dominantnih izvora/komponenta kompleksne smjese ovih štetnih polutanata. Tako specificirani podaci omogućili bi lakše predviđanje mogućih štetnih efekata u

datom okolišu. Standardi i smjernice za pojedinačne THC/VOCs u vanjskom zraku su lakše dostupni.

Ove godine INA-Maziva Zagreb započela je s mjerenjem emisije THC/VOCs pa će se u budućnosti moći obraditi interakcija emisijskih i imisijskih parametara. Praćenje kvalitete zraka se nastavlja, što predstavlja jedan od načina da INA-Maziva Zagreb kontinuirano sprečava utjecaj štetnih posljedica onečišćenog zraka na zdravlje ljudi i okoliš.

Literatura

1. ISO-4219-1979, Air Quality Determination of gaseous sulphur compounds in ambient air– Sampling equipment.
2. BS-1747, Part 1, 1969 – Methods for the measurement of air pollution, Determination of Sulphur Dioxide.
3. ISO-4220-1984, Ambient Air – Determination of gaseous acid air pollution index–Titrimetric method with indicator or potentiometric an point detection.
4. Methods of Measurin Air Pollution, OECD Paris, 1964.
5. K.Grob,G.Grob, J.Chromatography, 62 (1971)1
6. Zakon o zaštiti zraka, N.N.br.48/1995. Str.1452.
7. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, Narodne novine br 101/1996.,str.4198.
8. Air quality guidelines for Europe, WHO regional publications.European series No.23,ISBN 92-890-1114-9
9. K.Grefen:EU Directives on Air Quality and Standardization Work of CEN/TC 264,11th World Clean Air and Environment Congress, Vol.1, session 2D-1 , 1998.
10. K.Hansmann: Legal Aspects of Immission Standard Setting, papers of 11th World Clean Air and Environment Congress, Vol.1.,session 2D-5, (1998).
11. C.K.Varshney; P. K. Padhy: “Total Volatile Organic Compounds in the Urban Evnironment of Delhi”J.Air6Waste Manage.Assoc.48:448-453.
12. E.Woolfenden: “Monitoring VOCs in Air Using Sorbent Tubes Followed by Thermal Desorption.Capillary GC Analysis: Summary of Data and Practical Guidelines”,J.Air&Waste Management Association 47:20-36.
13. Official Journal of the European communities, L35, 5/2/1997,p.14-22.
14. S.Solberg, N.Schmidbauer, U.Pedersen and J.Schaug:”VOC Measurements, August 1992-June 1993” EMEP/CCC – Report 6/93.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Pehnec, G.¹, Vadić, V.¹, Šega, K.¹, Hršak, J.¹

Koncentracije ozona i dušikovih oksida u zraku Zagreba

Sažetak: Troposferski ozon i dušikovi oksidi su onečišćujuće tvari koje s hlapljivim organskim spojevima sudjeluju u nizu međusobnih fotokemijskih reakcija. Uslijed djelovanja sunčevog zračenja i ljudske aktivnosti, a naročito prilikom izgaranja fosilnih goriva, u urbanim sredinama nastaje fotokemijsko onečišćenje zraka koje pokazuje karakteristične dnevne i sezonske varijacije.

Početna mjerenja koncentracija O_3 , NO i NO_2 provedena su u zraku Zagreba na tri postaje tijekom 1998. godine. Mjerenja su provedena automatskim uređajima na principu apsorpcije UV zračenja (ozon) i kemiluminiscencije (dušikovi oksidi). U radu su prikazane dnevne varijacije koncentracija ovih spojeva i njihov tijek kroz više mjeseci. Na sve tri mjerne postaje ozon i dušikovi oksidi pokazuju dnevni hod karakterističan za urbanu sredinu i utjecaj prometa. Koncentracije ozona na svim mjernim postajama bile su niže od preporučenih vrijednosti za 98. percentil. Koncentracije dušikova dioksida premašile su preporučene vrijednosti samo na postaji u južnom dijelu grada. Međutim, budući da se mjerenja nisu provodila istovremeno, te u vremenskom razdoblju manjem od jedne godine, na temelju dobivenih podataka ne može se donijeti ocjena kakvoće zraka, a mjerenja se nastavljaju kontinuirano na sve tri mjerne postaje.

The Concentrations of Ozone and Nitrogen Oxides in the Zagreb Air

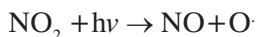
Summary: Tropospheric ozone and nitrogen oxides participate with volatile organic compounds in an array of mutual photochemical reactions. In the urban areas, photochemical pollution of the air occurs as a result of human activity and of the activity of sunlight. It shows characteristic diurnal and seasonal variations. Concentrations of O_3 , NO , and NO_2 were measured in the air of Zagreb at three stations during 1998 with automatic devices based on UV absorption (ozone) and chemiluminescence (nitrogen oxides). This paper presents diurnal variations of these compounds and their trend over a period of several months. At all three measuring stations, ozone and nitrogen oxides showed diurnal variations characteristic for urban area and the influence of traffic.

1 Gordana Pehnec, Vladimira Vadić, Krešimir Šega i Janko Hršak Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

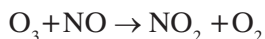
Concentrations of ozone did not trespass the limit values for 98th percentil at all three stations, while the concentrations of nitrogen dioxide were higher only at the station in the southern part of the town. As the measurements were not carried out simultaneously and over a whole year, the results can serve just as preliminary information and cannot be used for assessment of air quality.

Uvod

Posljednjih desetljeća, s porastom ljudske aktivnosti, došlo je do povećanog onečišćavanja atmosfere. U urbanim sredinama najveći doprinos onečišćenju zraka potječe od prometa motornih vozila. Sagorijevanjem fosilnih goriva i emisijom plinova iz ispušnih cijevi automobila oslobađaju se dušikovi oksidi, pri čemu je najveći udio dušikova monoksida (više od 95%) (1). Tijekom toplih i sunčanih dana dolazi do reakcija dušikovih oksida i hlapljivih organskih spojeva, te nastaje fotokemijsko onečišćenje zraka, tzv. fotokemijski smog. Glavni sastojak fotokemijskog smoga je ozon koji nastaje djelovanjem sunčeva svjetla na dušikov dioksid:



Nastali ozon reagira s NO dajući ponovno NO_2 :



Prisutnost hidroksilnog radikala i hlapljivih ugljikovodika u zraku pomiče ravnotežu prema višim koncentracijama ozona, a u reakcijama nastaju i ostali reaktivni spojevi poput peroksiacil nitrata, nitratne kiseline, vodikova peroksida, sekundarnih aldehida, mravlje kiseline i niza kratkoživućih radikala (2).

Sastojci fotokemijskog smoga štetno djeluju na ljudski organizam te mogu prouzročiti oslabljen vid, iritacije očiju, smanjen imunosustav, podraženost respiratornog trakta, nastajanje ili intenziviranje postojećih kroničnih bolesti pluća, te ostale zdravstvene učinke (3,4). Osim toga, ozon kao jaki oksidans izaziva štete na materijalima i biljkama, te može smanjiti agronomsku produktivnost 5-15% (4).

Kao mjerilo vrednovanja kakvoće zraka za ozon i dušikov dioksid uzete su vrijednosti 98. percentila (PV_{98} i GV_{98}) prema Uredbi o preporučenim (PV) i graničnim (GV) vrijednostima kakvoće zraka (5). Za dušikov monoksid PV i GV nisu propisane, jer NO ne uzrokuje neposredno štetne zdravstvene učinke, već je značajan jedino kao izvor NO_2 .

Metode mjerenja

Koncentracije ozona mjerene su kontinuirano automatskim uređajem na principu apsorpcije UV zračenja Ansyco Environnement s.a. O3 41M, a dušikovi oksidi (NO , NO_2) kemiluminiscentnim analizatorom Ansyco Environnement s.a. AC 30M. Mjerenja su provedena u Zagrebu na sljedećim postajama:

- Ksaverska cesta (Institut za medicinska istraživanja) - sjeverni dio grada, u razdoblju 1.2.-30.5.1998.
- Đorđićeva ulica (Stanica za hitnu medicinsku pomoć) - centar grada, u razdoblju 10.6.-16.9. 1998.
- Siget (Brodarski institut) - južni dio grada, u razdoblju 18.9.-31.12.1998.

Rezultati i rasprava

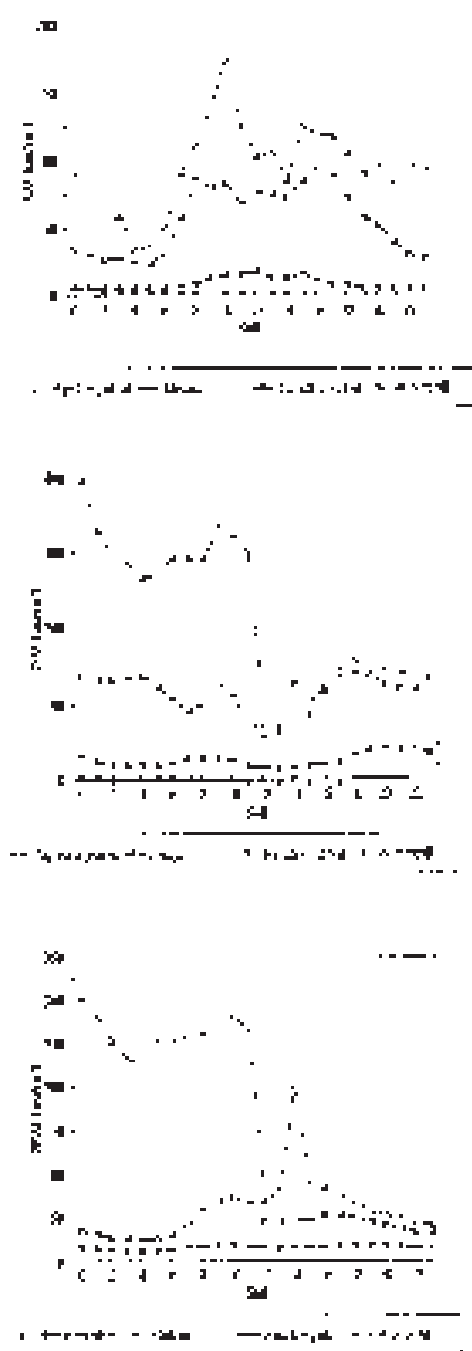
Na slikama 1,3 i 5 prikazane su prosječne satne koncentracija O_3 , NO i NO_2 na navedenim mjernim postajama. Vrijednosti su izražene kao medijan, minimum, maksimum i 98. percentil koncentracija (C_{98}) za pojedini sat tijekom dana.

Na slikama 2, 4 i 6 prikazani su 24-satni prosjeci koncentracija O_3 , NO i NO_2 , te tijekom koncentracija navedenih polutanata na mjernim postajama kroz više mjeseci.

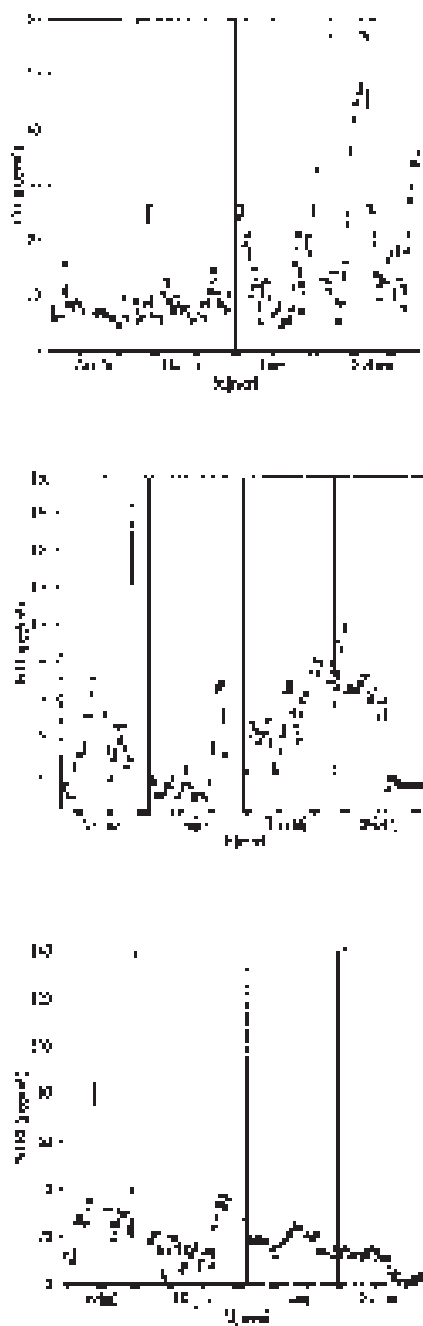
Na sve tri mjerne postaje ozon i dušikovi oksidi pokazuju dnevne varijacije satnih koncentracija karakteristične za urbanu sredinu i utjecaj prometa (slike 1,3 i 5). Koncentracije NO su povišene ujutro i popodne u vrijeme povećanog prometa. U tim satima nakon porasta koncentracija NO slijedi pad koncentracija O_3 i porast koncentracija NO_2 . Ozon dostiže maksimalne vrijednosti oko podneva kada je intenzitet sunčeva svjetla najjači.

Najviše koncentracije NO_2 izmjerene su u prosincu u južnom dijelu grada. Najviše koncentracije NO zabilježene su tijekom proljeća u sjevernom dijelu grada, a kod dnevnih prosjeka tijekom više mjeseci ne opaža se nikakav posebni trend. Kao što se moglo i očekivati najveće su koncentracije ozona dobivene u ljetnim mjesecima (slike 2,4 i 6).

Prema dobivenim podacima očito je da su koncentracije ozona za vrijeme usrednjavanja od 1 sata na svim mjernim postajama bile niže od GV_{98} , a za vrijeme usrednjavanja od 24 sata ispod PV_{98} ($60,6 \mu\text{gm}^{-3}$ ljeti u centru, $46,0 \mu\text{gm}^{-3}$ u sjevernom i $48,8 \mu\text{gm}^{-3}$ u južnom dijelu grada). Koncentracije NO_2 za vrijeme usrednjavanja od 1 sata na svim postajama u navedenom razdoblju bile su niže od GV . Za vrijeme usrednjavanja od 24 sata PV_{98} prelazila je jedino u južnom dijelu grada ($69,3 \mu\text{gm}^{-3}$). Na postaji u centru grada C_{98} je iznosio $34,8 \mu\text{gm}^{-3}$, a u sjevernom dijelu grada $36,7 \mu\text{gm}^{-3}$.



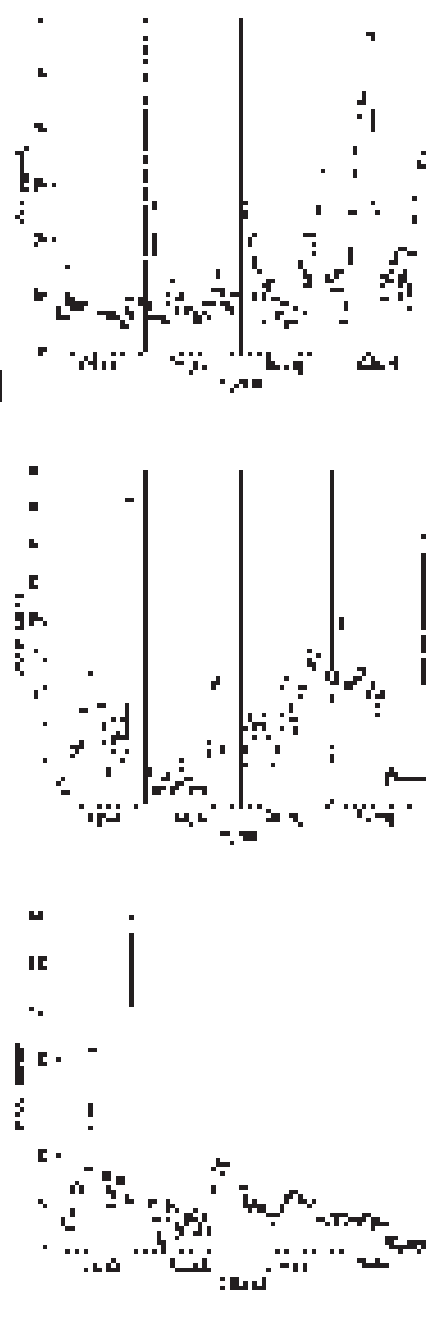
Slika 1. Prosječne satne koncentracije O_3 , NO i NO_2 u sjevernom dijelu grada



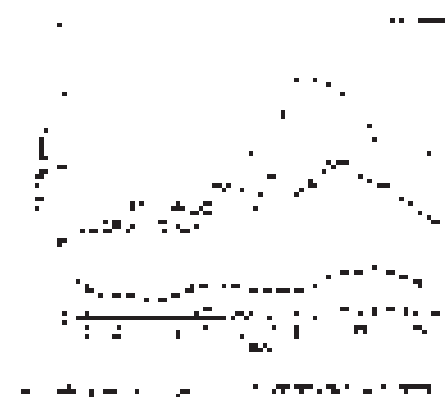
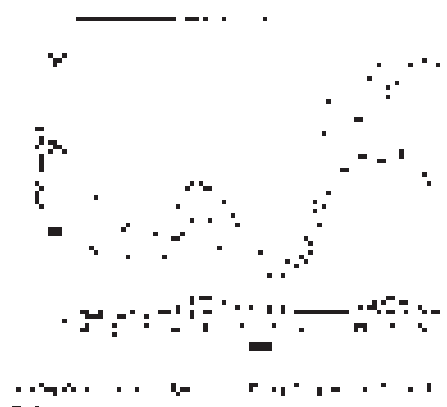
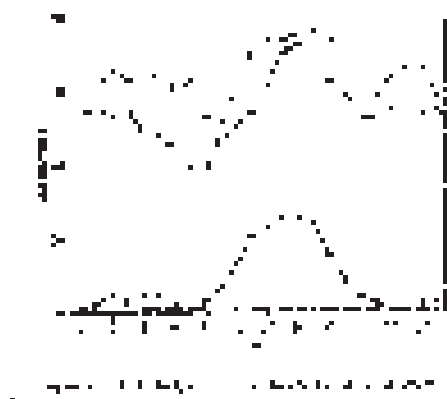
Slika 2. Tijek srednjih dnevnih koncentracija O_3 , NO i NO_2 u sjevernom dijelu grada



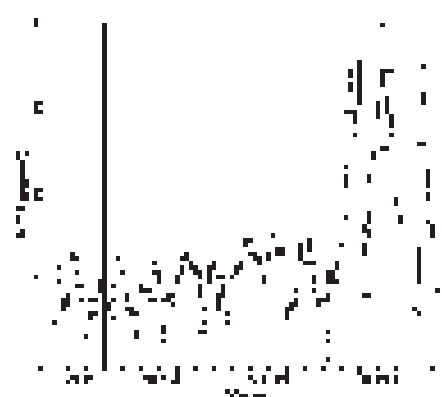
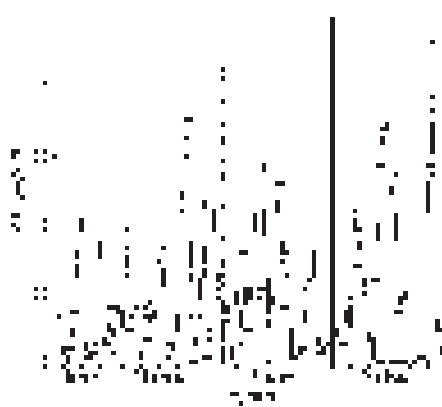
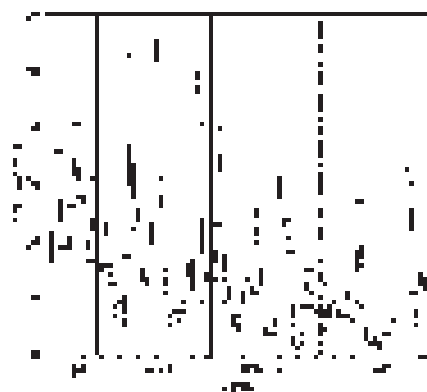
Slika 3. Prosječne satne koncentracije O_3 , NO i NO_2 u centru grada



Slika 4. Tijek srednjih dnevnih koncentracija O_3 , NO i NO_2 u centru grada



Slika 5. Prosječne satne koncentracije O_3 , NO i NO_2 u južnom dijelu grada



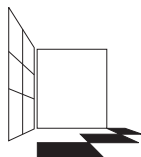
Slika 6. Tijek srednjih dnevnih koncentracija O_3 , NO i NO_2 u južnom dijelu grada

Zaključak

Tijekom početnih mjerenja koncentracije ozona na svim mjernim postajama bile su niže od preporučenih vrijednosti. Koncentracije dušikova dioksida prelazile su preporučene vrijednosti za 98. percentil jedino u južnom dijelu grada za 24-satne prosjeke. Međutim, budući da se mjerenja nisu provodila istovremeno na sve tri mjerne postaje, te je obuhvaćeno vremensko razdoblje manje od jedne godine, dobiveni podaci su samo orijentacijski i ne mogu poslužiti za međusobnu usporedbu mjernih mjesta niti za ocjenu kakvoće zraka. Od početka 1999. godine ozon i dušikov dioksid mjere se kontinuirano na sva tri mjerna mjesta, te će se dobiveni podaci usporediti s početnim mjerenjima iz 1998. godine.

Literatura

1. Palmgren, F., Berkowicz, R., Hertel, O. and Vignati, E.: Effects of reduction of NO_x on the NO₂ levels in urban streets, *Sci. Total. Environ.* 189/190 (1996) 409-415
2. Ozone and other photochemical oxidants, *Air Quality Guidelines for Europe*, Copenhagen, WHO, No. 23, 1987, 315-326
3. Committee on Medical and Biologic Effects on Environmental Pollutants, Ozone and other photochemical oxidants, *National Academy of Sciences*, Washington, 1977.
4. Ballaman, R.: Les transports et la pollution par l'ozone en Suisse, *Sci. Total. Environ.* 134 (1993) 103-115
5. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, NN br. 101/1996.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP **ZAŠTITA ZRAKA '99**

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Šišović, A.¹, Škrbec, A.¹, Vadić, V.¹, Kalinić, N.¹

Razine i profili PAU u lebdećim česticama u Zagrebu tijekom 4 godišnja doba

Sažetak: Tijekom 4 godišnja doba, na jednom mjernom mjestu u sjevernom dijelu Zagreba, mjereni su policiklički aromatski ugljikovodici (PAU) u uzorcima lebdećih čestica iz velikih volumena zraka. Tijekom svakog godišnjeg doba analizirano je oko 30 uzoraka lebdećih čestica. Koncentracije svih mjerenih PAU najveće su zimi, a najniže ljeti. Koncentracije PAU izmjerene u proljeće bile su niže od onih izmjerenih u jesen, zbog više sunčanih i toplijih dana u proljeće. Profili PAU/BaP na mjestu gdje su vršena mjerenja, pokazuju da je glavni izvor PAU u proljeće i ljeto promet, a u jesen i zimi, osim prometa, PAU potječu i iz kućnih ložišta.

PAH Levels and Profiles in the Suspended Particulate Matter in Zagreb Through Four Seasons

Summary: This paper presents the analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) measured in suspended particulate matter (TSP) collected with High volume sampler on one measuring site in northern part of Zagreb in all four seasons. About 30 samples of TSP were analysed for each season. The concentrations of all PAHs were highest in winter, and lowest in summer. The spring PAH concentrations were lower than the autumn ones, as the spring has more sunny and warm days. The profiles of PAH/BaP at the measurement sites showed that the main source of PAH in spring and summer was traffic while a substantial amount of autumn and winter PAH, besides traffic, came from heating.

Uvod

Policikličke aromatske ugljikovodike (PAU) nalazimo u zraku, vodi, tlu i sedimentu. Budući da nastaju pri nepotpunom sagorijevanju fosilnih i drugih organskih materijala, u početku se svi nalaze u plinovitoj fazi, ali ubrzo dolazi do kondenzacije i vezanja na čestice koje zatim suhim ili mokrim taloženjem prelaze u tlo, vodu, sediment i vegetaciju. Sastoje se od dva ili više benzenska prstena. PAU s

¹ Anica Šišović, Alen Škrbec, Vladimira Vadić, Nataša Kalinić, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

manjim brojem prstenova nalaze se u plinovitoj fazi, dok se oni s većim brojem nalaze vezani na čestice. Da li će PAU u atmosferi biti u plinovitoj fazi ili vezani na čestice, ovisi o afinitetu vezanja na čestice kao i o temperaturi. Yamasaki i sur. (1) pokazali su da koncentracija PAU u plinovitoj fazi linearno raste s porastom temperature. Koncentracije PAU u atmosferi ovise o načinu proizvodnje energije, gustoći prometa, industrijskoj emisiji, a variraju u ovisnosti o godišnjem dobu i meteorološkim uvjetima. Budući da neki od PAU imaju mutageno, a neki kancerogeno djelovanje (2), u mnogim su se razvijenim zemljama svijeta sredinom ovog stoljeća počele mjeriti koncentracije PAU u atmosferi, jer je tada došlo do nagle industrijalizacije, a time i do porasta koncentracija PAU u atmosferi. U zraku je identificirano više od 500 PAU, ali se najčešće mjeri 1-20 (3). PAU koji se najčešće mjeri i koji je uvijek prisutan je benzo-a- piren (BaP).

U ovom radu određivani su PAU u uzorcima lebdećih čestica (LČ) uzorkovanim 1988. godine, tijekom četiri godišnja doba, na jednoj mjernoj postaji, u sjevernom dijelu Zagreba. Analizirane su razine i omjeri PAU prema BaP sa ciljem da se utvrde dominantni izvori PAU u svakom godišnjem dobu.

Eksperimentalni dio

Uzorkovanje lebdećih čestica

Uzorci lebdećih čestica sakupljani su prosisavanjem velikih volumena zraka (oko 300 m³) kroz filtre od staklenih vlakana za koje je dokazano da imaju veliku efikasnost uzorkovanja lebdećih čestica. Nakon uzorkovanja, filtri zamotani u aluminijsku foliju čuvani su u hladnjaku na -18°C do analize.

Analiza uzoraka

Uzorci lebdećih čestica ekstrahirani su cikloheksanom u ultrazvučnoj kupelji tijekom jednog sata. Nakon ekstrakcije uzorci su centrifugirani da bi se uklonile nečistoće koje mogu smetati kod daljnje analize. Pročišćeni uzorak zatim je isparen do suha i otapan u acetonitrilu. Analiza uzoraka rađena je na visokoučinskom tekućinskom kromatografu (HPLC) s fluorescentnim detektorom (4). Mjereni su ovi PAU: fluoranten (Flu), benzo-b-fluoranten (BbF), benzo-k-fluoranten (BkF), benzo-a-piren (BaP), dibenzo-ah-antracen (DahA) i benzo-ghi-perilen (BghiP).

Rezultati i diskusija

Srednje vrijednosti masenih koncentracija mjerenih PAU tijekom cjelokupnog mjernog razdoblja prikazane su u tablici 1. Najveća srednja vrijednost dobivena je za Flu i iznosila je 4,55 ng/m³, a najniža za DahA iznosila je 0,60 ng/m³.

Srednja vrijednost za BaP iznosila je 1,87 ng/m³, što je značajno više od PV (0,2 ng/m³) prema Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka (5), ali je niže od GV (2 ng/m³). Budući da neki PAU imaju mutageno, a neki kancer-

Tablica 1 - Statistički parametri masenih koncentracija mjerenih PAU (ng/m^3) tijekom cijelog razdoblja mjerenja

Razdoblje mjerenja	Statistički parametar	Flu	BbF	BkF	BaP	DahA	BghiP
1 godina	N	88	122	122	121	48	122
	$\bar{X}$	0,04	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02
	$X_{\min}$	32,07	23,42	7,23	14,17	4,56	18,41
	$X_{\max}$	4,55	2,58	0,97	1,87	0,60	1,97
	STD	6,624	4,165	1,396	2,838	0,816	2,973
	SE	0,8033	0,3771	0,1264	0,268	0,1203	0,2602

N - broj rezultata

 $\bar{X}$ - srednja vrijednost $X_{\min}$ - najniža izmjerena vrijednost

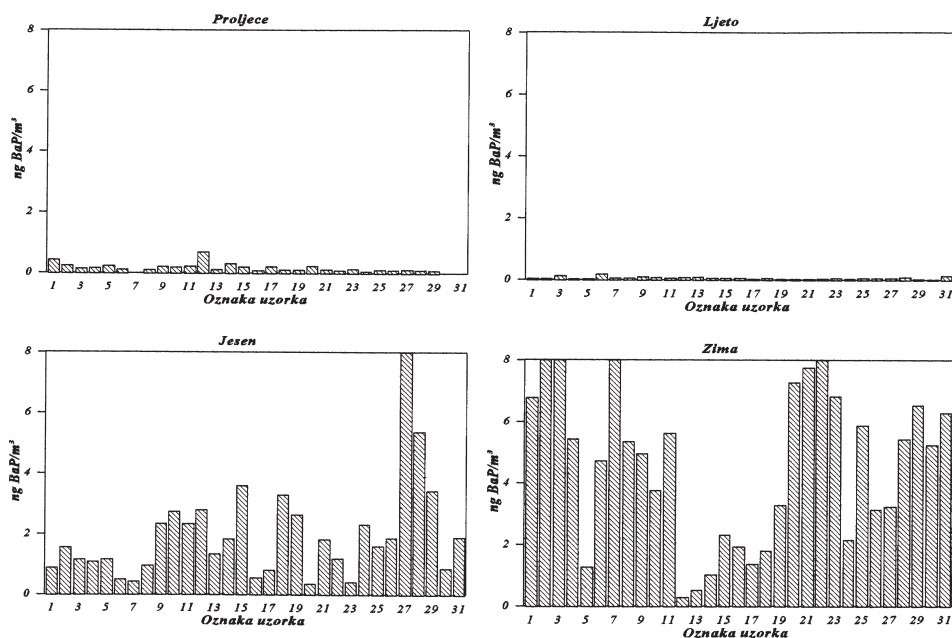
STD - standardna devijacija

 $X_{\max}$ - najviša izmjerena vrijednost

SE - standardna pogreška

ogeno djelovanje, njihove bi koncentracije u zraku trebale biti što niže, odnosno ne bi ih smjelo biti. Stoga vrijednosti o ograničavanju koncentracija BaP, dane u Uredbi (tablica 6), predstavljaju smjernice za njihovo postepeno smanjivanje do potpunog nestanka iz atmosfere.

Na slici 1 prikazane su dnevne varijacije koncentracija najpoznatijeg PAU benzo-a-pirena (BaP), tijekom svakog godišnjeg doba. Iz slike je vidljivo da su nivoi koncentracija tijekom sva četiri godišnja doba različiti, dok su varijacije dnevnih koncentracija uzrokovane pretežito promjenama u vremenskim uvjetima.



Slika 1. Dnevne varijacije koncentracija BaP tijekom četiri godišnja doba

Tablica 2 - Statistički parametri masenih koncentracija mjerenih PAU (ng/m³) tijekom svakog godišnjeg doba

Godišnje doba	Statistički parametar	FIU	STP	HRF	HRP	Dana	BGRIP
N = broj rezultata			STD = standardna devijacija				
Proljeće	N	11	29	29	28	8	29
	X	0,06	0,04	0,02	0,04	0,02	0,10
	X ^{min}	0,35	0,80	0,30	0,69	0,12	1,65
	X ^{max}	0,19	0,23	0,12	0,17	0,05	0,37
	STD	0,107	0,176	0,066	0,128	0,031	0,287
	SE	0,0324	0,0328	0,0122	0,0241	0,0108	0,0533
Ljeto	N	4	31	31	31		31
	X	0,04	0,03	0,01	0,01	n.d.	0,02
	X ^{min}	0,14	0,29	0,13	0,17	n.d.	0,40
	X ^{max}	0,08	0,09	0,04	0,05		0,12
	STD	0,038	0,061	0,025	0,035		0,093
	SE	0,0192	0,0109	0,0044	0,0063		0,0167
Jesen	N	25	31	31	31	18	31
	X	0,19	0,35	0,16	0,35	0,02	0,27
	X ^{min}	5,65	8,17	3,37	8,56	0,65	5,72
	X ^{max}	1,47	2,10	0,95	1,98	0,18	2,02
	STD	1,365	1,547	0,611	1,644	0,137	1,282
	SE	0,2731	0,2778	0,1098	0,2953	0,0322	0,2302
Zima	N	28	31	31	31	19	31
	X	0,70	0,44	0,20	0,27	0,28	0,25
	X ^{min}	32,07	23,42	7,23	14,17	4,56	18,41
	X ^{max}	9,66	7,75	2,71	5,12	1,21	5,26
	STD	7,646	5,193	1,635	3,461	0,909	4,014
	SE	1,4460	0,9330	0,2940	0,6217	0,2154	0,7209

X_{min} - najniža izmjerena vrijednost

SE - standardna pogreška

X_{max} - najviša izmjerena vrijednost

n.d. - ispod granice osjetljivosti metode

X - srednja vrijednost

Tablica 3 - Omjeri srednjih vrijednosti masenih koncentracija PAU u zimi prema srednjim vrijednostima masenih koncentracija PAU u ostalim godišnjim dobima

$\frac{X_z}{X_p}$	51,05	33,91	22,50	30,00	24,00	14,32
$\frac{X_z}{X_lj}$	-	86,67	67,50	102,00	-	44,17
$\frac{X_z}{X_j}$	6,60	3,71	2,84	2,58	6,67	2,62

X_z - srednja vrijednost masenih koncentracija PAU u zimiX_{pr} - srednja vrijednost masenih koncentracija PAU u proljećeX_{lj} - srednja vrijednost masenih koncentracija PAU u ljetoX_j - srednja vrijednost masenih koncentracija PAU u jesen

Tablica 2 prikazuje srednje vrijednosti masenih koncentracija mjerenih PAU, kao i ostale statistički značajne parametre, za svako godišnje doba posebno. Iz tablice je vidljivo da su najveće koncentracije svih mjerenih PAU izmjerene zimi, dok su najniže koncentracije izmjerene ljeti. Srednja vrijednost masene koncentracije BaP zimi iznosila je $5,12 \text{ ng/m}^3$, što je znatno niže od koncentracije BaP izmjerene ranije (6). Srednja vrijednost masene koncentracije BaP ljeti bila je $0,05 \text{ ng/m}^3$. Nižim koncentracijama izmjerenim zimi vjerojatno je uzrok bila relativno blaga zima (srednja mjesečna temperatura bila je $3,6^\circ\text{C}$), dok je ljetno razdoblje bilo izrazito toplo (srednja mjesečna temperatura bila je $21,2^\circ\text{C}$). Ovako niske koncentracije PAU ljeti nisu samo posljedica prestanka rada kućnih ložišta, nego i reaktivnosti ovih spojeva pri višim temperaturama ljeti, kada dolazi do njihove fotokemijske, termalne ili kemijske razgradnje (7,8). Koncentracije fluorantena ljeti bile su ispod granice osjetljivosti metode, osim u 4 uzorka. Srednje vrijednosti masenih koncentracija svih mjerenih PAU veće su u jesen nego u proljeće. Razlog tome je više sunčanih i toplih dana u proljeće (srednja mjesečna temperatura bila je $15,9^\circ\text{C}$), dok je u jesen srednja mjesečna temperatura bila $7,6^\circ\text{C}$.

Tablica 3 prikazuje omjere srednjih vrijednosti masenih koncentracija PAU izmjerenih zimi prema srednjim vrijednostima masenih koncentracija PAU izmjerenih u ostalim godišnjim dobima. Iz tablice je vidljivo da su koncentracije svih PAU zimi bile 44-100 puta veće od onih izmjerenih ljeti, 14-51 puta veće od onih izmjerenih u proljeće i 2,6-7 puta veće od koncentracija izmjerenih u jesen.

Povezanost izmjerenih PAU s BaP prikazana je u tablici 4. Visoka korelacija PAU s BaP, u sva 4 godišnja doba, ukazuje na postojanje zajedničkog izvora PAU u svakom godišnjem dobu.

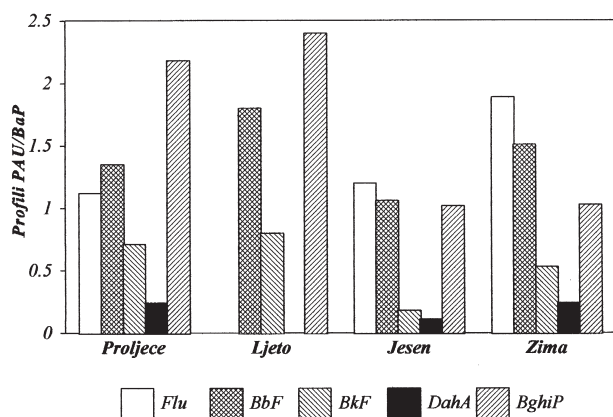
Slika 2 prikazuje profile, odnosno omjere ostalih PAU u odnosu na BaP. Iz slike je vidljivo da je omjer Flu/BaP najveći zimi, a to je u skladu sa činjenicom da Flu nastaje kao posljedica izgaranja drva i ugljena (9). Povećan omjer BghiP u odnosu na BaP u proljetnom i ljetnom razdoblju može se objasniti a/ relativno manjom stabilnošću BaP u odnosu na BghiP pod utjecajem NO_x i ozona (8) i b/ činjenicom da BghiP nastaje od ispušnih plinova automobila kako tvrde autori (9,10).

Tablica 4 - Povezanost između masenih koncentracija mjerenih PAU i BaP tijekom svakog godišnjeg doba

	Zima		Ljetno		Proljeće		Jesen	
	N	r	N	r	N	r	N	r
Flu	10	0,1041			25	0,6623	28	0,8059
BbF	28	0,7969	31	0,9058	31	0,9830	31	0,9731
BkF	37	0,7767	31	0,9661	31	0,9661	31	0,9682
BzA	7	0,0637			17	0,8000	10	0,7707
BghiP	33	0,7707	31	0,9107	31	0,9800	31	0,9161

N - broj uzoraka u kojima je izmjeren određeni PAU

r - koeficijent korelacije PAU sa BaP



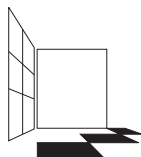
Slika 2. Profili PAU/BaP

Zaključak

Analiza PAU kroz 4 godišnja doba na jednom mjernom mjestu u Zagrebu pokazuje da su koncentracije PAU zimi značajno veće od onih ljeti. Koncentracije PAU izmjerene u proljeće bile su niže od onih izmjerenih u jesen zbog više sunčanih i toplih dana u proljeće. Promatrajući profile PAU/BaP može se zaključiti da je na mjestu gdje su izvršena mjerenja glavni izvor PAU u proljeće i ljeti promet, dok u jesen i zimi, osim prometa, PAU potječu i iz kućnih ložišta.

Literatura

1. Yamasaki, H., Kuwata, K. and Miyamoto, H.: Effects of ambient temperature on aspects of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons, *Environ. Sci. Technol.* 16 (1982) 189-194.
2. Air Quality Guidelines for Europe, Copenhagen WHO No. 23, 1987.
3. Lee, M.L., Novotny, V.M. and Bartle, D.K.: Analytical chemistry of polycyclic aromatic compounds. Academic Press Inc. New York, 1981.
4. Šišović, A., Fugaš, M.: Comparative evaluation of procedures for the determination of PAH in low-volume samples, *Environ. Monitoring and Assessment*, 18 (1991) 235-241.
5. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, *Nar. novine* broj 101 (1996), str. 4198.
6. Šišović, A., Fugaš, M.: Levels and profiles of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Zagreb Air in the Heating Season, *Arh. hig. rada toksikol.* 44 (1993) 233-239.
7. Butler, J.D. and Crossley, P.: Reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons adsorbed on soot particles, *Atmos. Environ.* 15 (1981) 91-94.
8. Brorstrom, E., Grennfelt, P. and Lindskog, A.: The effect of nitrogen dioxide and ozone on the decomposition of particle - associated polycyclic aromatic hydrocarbons during sampling from the atmosphere, *Atmos. Environ.* 17 (1983) 601-605.
9. Masclet, P., Mouvier, G. and Nikolau, K.: Relative decay index and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons, *Atmos. Environ.* 20 (1986) 439-446.
10. Baek, S.O., Goldstone, M.E., Kirk, P.W.W., Lester, I.N. and Perry, R.: Concentrations of particulate and gaseous polycyclic aromatic hydrocarbons in London air following a reduction in the lead content of petrol in the United Kingdom, *Sci. Total Environ.* 111 (1992) 169-199.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Škrbec, A.¹, Hršak, J.¹, Balagović, I.¹

Razine metala u taložnoj tvari u zraku Zagreba

Sažetak: U ovom radu prikazani su rezultati jednogodišnjeg (1998.god.) praćenja teških metala (olovo, kadmij i talij) u taložnoj tvari, na pet mjernih postaja u različitim dijelovima grada Zagreba. Rezultati su uspoređeni s preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka za sadržaj metala u taložnoj tvari. Dobivene vrijednosti pokazuju da se zrak na području Zagreba, s obzirom na sadržaj olova i kadmija u taložnoj tvari, može svrstati u I., a s obzirom na sadržaj talija u II. kategoriju kakvoće zraka, osim sjevernog, pretežno stambenog dijela grada.

Metal Levels in Deposited Matter in Zagreb Air

Summary: This paper presents the results of one-year period (1998) of measurements of heavy metals (lead, cadmium and thallium) in deposited matter on five sites in different parts of Zagreb. The results are compared with the Croatian Ordinance on recommended and limit values of air quality.

Uvod

Taložne tvari su sve tvari u čvrstom i tekućem stanju koje potječu iz atmosfere. Na tlo se talože gravitacijom ili ispiranjem s padavinama. U taložnoj tvari prevladavaju krupne čestice, najčešće veće od 20 μm (1). One su mjerilo vidljivog onečišćenja okoline (prašina koja se taloži na prozore, automobile i druge površine, te na biljke kojima može začepiti stome i otežati njihovo disanje, a u prisunosti vlage čestice se mogu otopiti i kroz pokrovno tkivo ući u biljke) (2,3). Prema tome, taložne čestice narušavaju kakvoću okoline i mogu posredno nepovoljno djelovati na čovjeka, ali su prekrupne da bi mogle udisanjem ući u organizam čovjeka.

U ovom radu prikazani su rezultati određivanja metala (Pb, Cd i Tl) u ukupnoj taložnoj tvari (UTT) u uzorcima sakupljenim tijekom 1998. godine, na pet mjernih mjesta u Zagrebu, i to u sjevernom dijelu grada (Ksaverska cesta), u zapadnom dijelu (Prilaz baruna Filipovića), u južnom dijelu (Siget), u istočnom dijelu (Peščenica), te u centru grada (Đorđićeva ulica).

¹ Alen Škrbec, Janko Hršak, Ivica Balagović, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

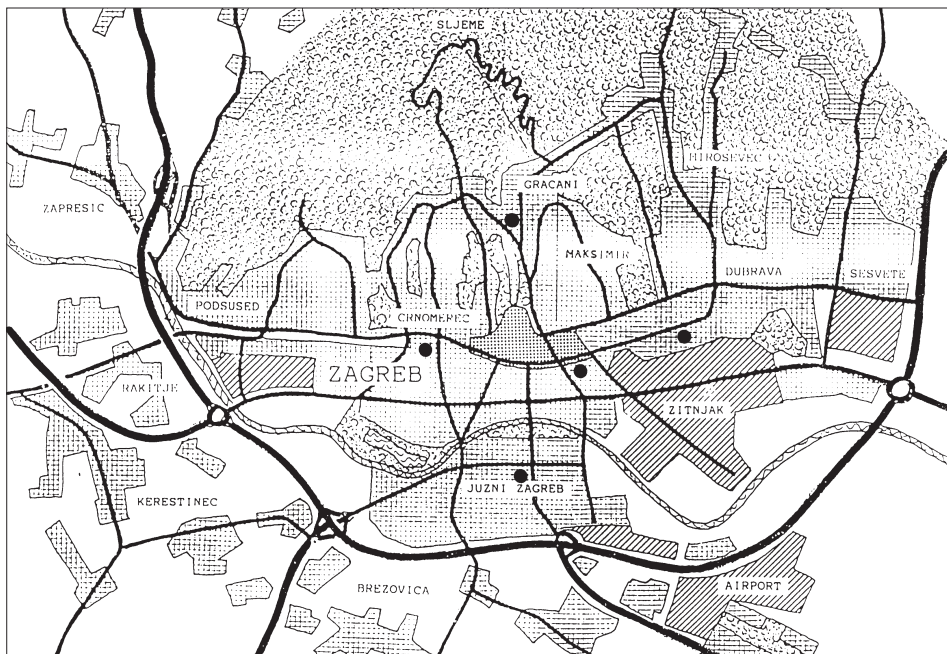
Materijali i metode

Mjesečni uzorci ukupne taložne tvari sakupljani su uređajem po Bergerhoffu (4) tijekom godine dana (siječanj-prosinac 1998.).

Ukupna taložna tvar određena je tako da je kišnica isparena, a ostatak vagan. U uzorcima ukupne taložne tvari određen je sadržaj olova, kadmija i talija metodom plamene spektrometrije atomske apsorpcije (4).

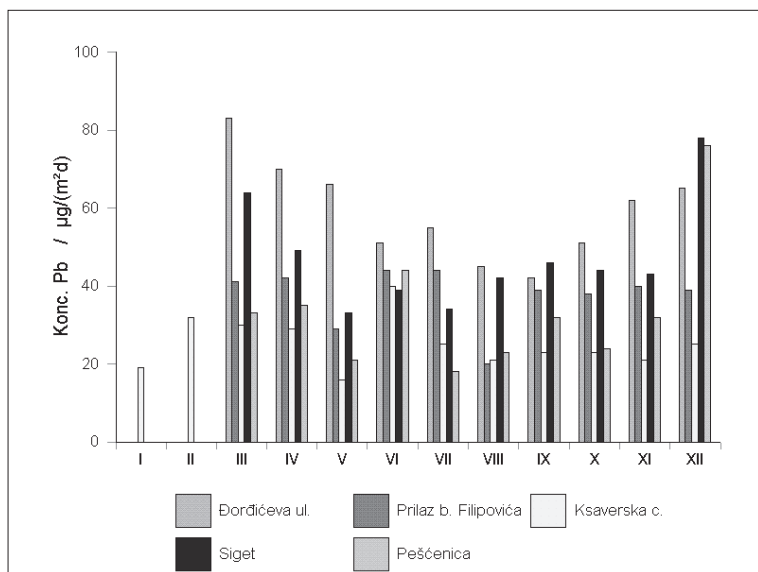
Rezultati i diskusija

Na slici 1 prikazan je položaj mjernih postaja, a mjesečne količine ($\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$) olova, kadmija i talija u taložnim tvarima na svih pet mjernih postaja u Zagrebu na slikama 2-4.

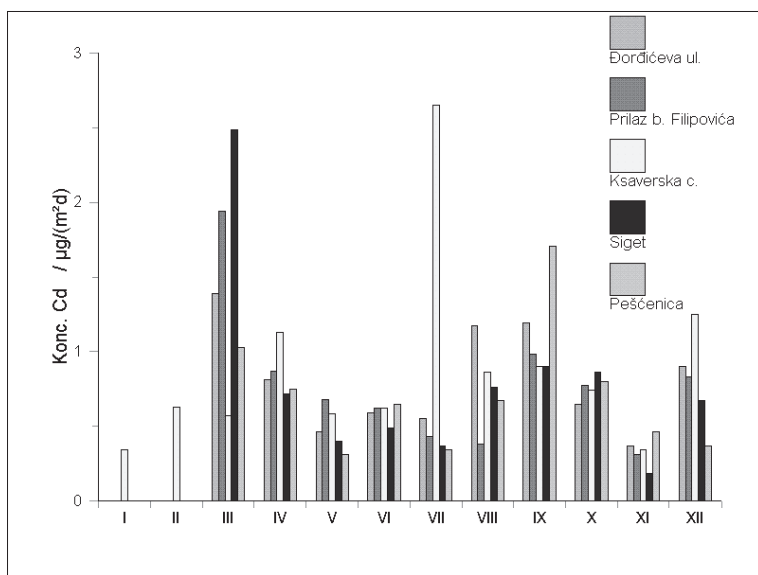


Slika 1. Položaj mjernih postaja

Sadržaj olova u ukupnoj taložnoj tvari na pet mjernih postaja u Zagrebu prikazan je na slici 2, a kretao se od 16 do $83 \mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$. Najniža vrijednost zabilježena je u sjevernom, pretežno stambenom dijelu grada, dok je najveća vrijednost zabilježena u samom centru grada (Đorđićeva ulica) gdje je intenzivan promet cijelog dana.

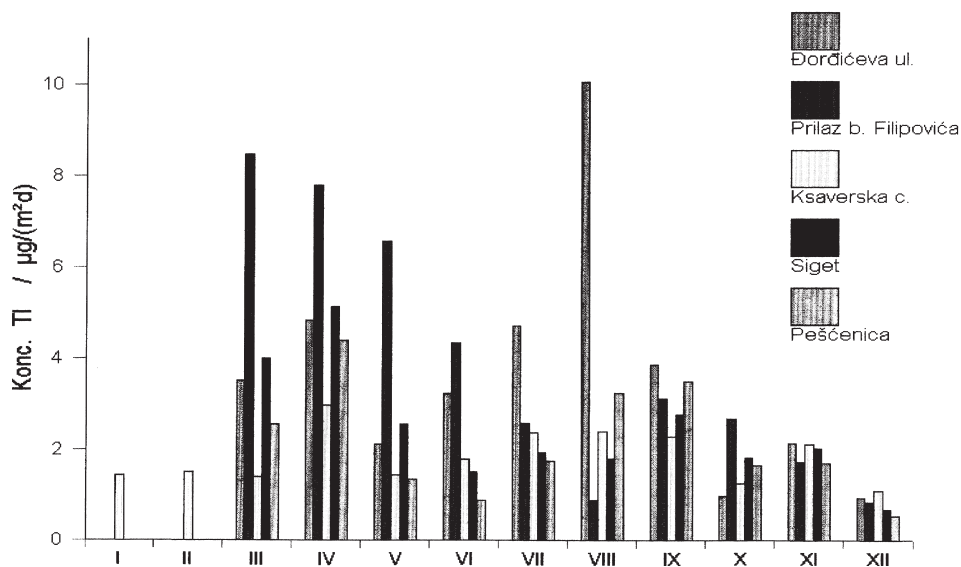


Slika 2. Mjesečne količine Pb u UTT na pet mjernih postaja u Zagrebu



Slika 3. Mjesečne količine Cd u UTT na pet mjernih postaja u Zagrebu

Sadržaj kadmija u taložnoj tvari na pet mjernih postaja u Zagrebu prikazan je na slici 3, a kretao se od 0,18 do 2,65 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$. Mjesečne vrijednosti kadmija u taložnoj tvari bile su relativno niske. Najniža vrijednost zabilježena je u južnom dijelu, a najviša u sjevernom dijelu grada.



Slika 4. Mjesečne količine TI u UTT na pet mjernih postaja u Zagrebu

Sadržaj talija u taložnoj tvari, na svim mjernim postajama tijekom 1998. godine u Zagrebu prikazan je na slici 4. Mjesečne vrijednosti kretale su se od 0,53 do 10,07 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$. Najniža vrijednost zabilježena je u južnom dijelu, a najviša u centru grada.

Srednje godišnje vrijednosti za sva tri metala prikazane su u tablici 1. Vidljivo je da su godišnje vrijednosti za olovo i kadmij na svih pet mjernih postaja ispod preporučene vrijednosti (PV) (6), ona za olovo iznosi 100, a za kadmij i talij 2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$. Vrijednosti za talij prelaze PV na četiri mjerne postaje, ali srednja godišnja vrijednost talija u ukupnoj taložnoj tvari, na svih pet mjernih postaja, ne prelazi graničnu vrijednost (GV) (6). Granična vrijednost za olovo iznosi 250, za kadmij 5, a za talij 10 $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$.

Tablica 1 - Srednje godišnje vrijednosti UTT, olova, kadmija i talija u ukupnoj taložnoj tvari na pet mjernih postaja u 1998. godini u Zagrebu

Mjerno mjesto	$\text{mg}/(\text{m}^2\text{d})$	$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$	$\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{d})$
Đorđićeva	217	59	0,81	3,61
Prilaz b. Filipovića	144	38	0,78	3,90
Ksaverska c.	117	25	0,88	1,84
Siget	131	47	0,78	2,42
Peščenica	176	34	0,71	2,15

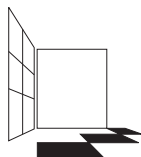
Zaključci

Rezultati praćenja sadržaja olova i kadmija u ukupnoj taložnoj tvari pokazuju da se zrak na području Zagreba može svrstati u I. kategoriju kakvoće zraka. Međutim, s obzirom na sadržaj talija u taložnoj tvari, koji je iznad PV, ali ispod GV, svrstan je u II. kategoriju, osim sjevernog dijela grada.

Olovo i kadmij se mjere već dulji niz godina. Talij se počeo mjeriti 1998. godine, mjerenja se nastavljaju, a istraživanja će pokazati da li su povišene razine talija u ukupnoj taložnoj tvari posljedica prirodnih ili ljudskih aktivnosti.

Literatura

1. Magill P.L., Holden, F.R. and Ackley, C.: Air Pollution Handbook, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, Toronto, London (1956) 2-40.
2. Friedland, A.J., Johnson, A.H. and Siccama, T.G.: Coniferous litter decomposition on Camels Hump, Vermont: a review, Can. J. Bot., 64 (1986) 1349-1354.
3. Friedland, A.J., Johnson, A.H. and Siccama, T.G.: Trace Metal Content of the Forest Floor in the Green Mountains of Vermont: Spatial and Temporal Patterns, Water, Air and Soil Pollution, 21 (1984) 161-170.
4. VDI Richtlinie 2119 Blatt 2, VDI-Handbuch Reinhaltung die Luft 8 (1972) 1-4.
5. Hršak, J.: Određivanje taložne tvari (Sediment): Smjernice, Savez Društva za čistoću zraka Jugoslavije (1987).
6. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, NN br. 101/1996.



DRUGI HRVATSKI ZNANSTVENO-STRUČNI SKUP ZAŠTITA ZRAKA '99

Šibenik, 22. - 25. rujan 1999.

Vadić, V.¹, Hršak, J.¹, Kalinić, N.¹, Mihelčić, V.², Lambaša-Belak, Ž.³

Količina ukupne taložne tvari u nacionalnom parku Kornati

Sažetak: U lipnju 1998. godine započelo se s određivanjem ukupne taložne tvari na otoku Žakanj, u nacionalnom parku Kornati. U mjesečnim uzorcima ukupne taložne tvari određeni su spektrometrijom atomske apsorpcije metali Pb, Cd i Tl, a ionskom kromatografijom anioni F^- , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} i NO_3^- . Rezultati jednogodišnjeg mjerenja uspoređeni s graničnim vrijednostima, prema Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka i Zakonu o zaštiti zraka, pokazuju da su količine promatranih onečišćenja u taložnoj tvari na mjernoj postaji na Kornatima niske, što ukazuje da okolni zrak zadovoljava kriterije za rekreacijsko područje nacionalnog parka.

Deposited Matter in National Park Kornati

Summary: Surveillance of deposited matter on island Žakanj in National Park Kornati has started in June 1998. In monthly samples of total deposited matter metals Pb, Cd and Tl were detected by AAS and anions F^- , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} and NO_3^- by ion chromatography. The results of one-year measuring period were compared with limit values according to the Law on Air Quality Protection in Croatia and the Ordinance on Recommended and Limit Air Quality Values. The obtained data show that the amounts of measured pollutants are very low and that the ambient air is of very good quality.

Uvod

U središnjem dijelu hrvatskog otočja, između Šibenika, Biograda i Zadra, na su-toku šibenskog i zadarskog otočnog prostora, smjestili su se Kornati. Kornatsko otočje raspoređeno se od Velog Puha do Telašćice. Tako ono zahvaća dio Dugog otoka, Žut, Sit, Kornat, Levrnaku, Piškeru, Lavs i Smokvicu te stotinjak otočića i tridesetak hridi. Nacionalni park Kornati obuhvaća 22.375 ha, od čega kopneni dio arhipelaga iznosi 5.068 ha.

1 Vladimira Vadić, Janko Hršak, Nataša Kalinić, Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb

2 Vladislav Mihelčić, Nacionalni park Kornati

3 Živana Lambaša-Belak, Županija Šibensko-kninska, Županijski ured za prostorno uređenje, graditeljstvo, stanovanje i zaštitu okoliša

U skladu sa Zakonom o zaštiti prirode, kao područje osobite prirodne, kulturne, znanstvene, odgojne, obrazovne, estetske, turističke i rekreativne vrijednosti, koje obuhvaća neznatno izmijenjene ekosustave na kopnu, moru i podmorju, nacionalni park Kornati su jedinstveni nacionalni park Hrvatske.

U ovom radu prikazane su količine ukupne taložne tvari, metala i aniona u ukupnoj taložnoj tvari tijekom jednogodišnjeg razdoblja praćenja na mjernoj postaji u nacionalnom parku Kornati.

Uzorak i metode

U lipnju 1998. godine započelo se s određivanjem ukupne taložne tvari na otoku Žakanj u nacionalnom parku Kornati. Mjerenja se provode i sada, a u ovom radu obrađeni su jednogodišnji podaci mjerenja od 1. lipnja 1998. do 31. svibnja 1999. godine.

Atmosferska taložna tvar sakupljena je uređajem po Bergenhoffu (1). Ukupna taložna tvar određena je tako da je kišnica isparena, a ostatak je određen gravimetrijski (2). U uzorcima ukupne taložne tvari određeni su spektrometrijom atomske apsorpcije metali Pb, Cd i Tl, a ionskom kromatografijom anioni F^- , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} i NO_3^- .

Rezultati i diskusija

U tablici 1 prikazane su srednje godišnje vrijednosti i rasponi količina ukupne taložne tvari te metala Pb, Cd i Tl i aniona F^- , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} i NO_3^- u ukupnoj taložnoj tvari izmjerenih na otoku Žakanj u razdoblju mjerenja lipanj 1998. i svibanj 1999. godine.

Tablica 1 - Srednje godišnje vrijednosti i rasponi mjesečnih količina ukupne taložne tvari, te i aniona u ukupnoj taložnoj tvari na otoku Žakanj za razdoblje mjerenja lipanj 1998. - svibanj 1999. godine

Srednja godišnja vrijednost	lipanj 1998.	svibanj 1999.	raspon
Ukupna taložna tvar			
[mg/m ³]			
Pb	12	8,92	2,5-33,29
Cd	12	0,47	0,09-1,45
Tl	12	1,10	0,40-3,11
Anioni			
[mg/m ³]			
F ⁻	12	0,0048	0-0,014
Cl ⁻	12	23,4	0,54-74,8
NO ₃ ⁻	12	3,31	0,047-734
PO ₄ ³⁻	12	0,34	0-0,44
SO ₄ ²⁻	12	4,1	0,45-14,3

N - broj rezultata, X - srednja godišnja vrijednost

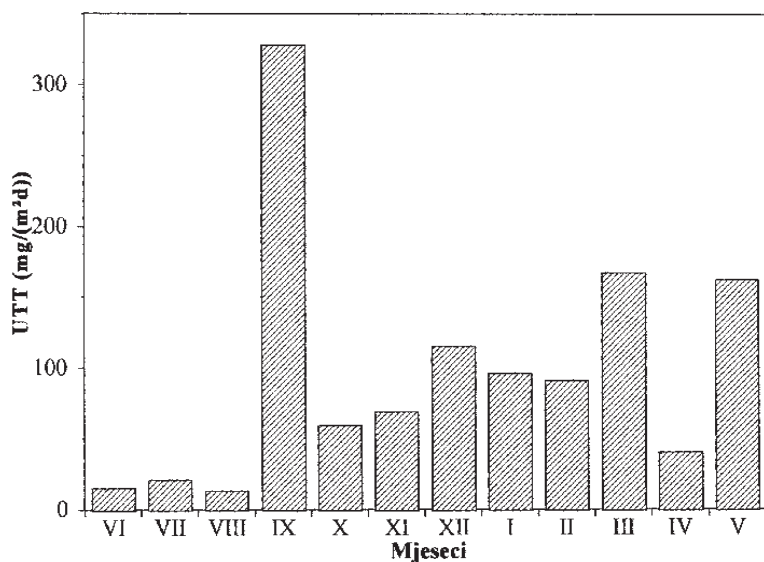
Na slici 1 prikazano je kretanje srednjih mjesečnih količina ukupne taložne tvari

od lipnja 1998. do svibnja 1999. godine na mjernoj postaji na otoku Žakanj. Na slici 2 prikazano je kretanje srednjih mjesečnih količina olova, na slici 3 kadmija, a na slici 4 talija u ukupnoj taložnoj tvari tijekom istog razdoblja mjerenja, za istu mjernu postaju.

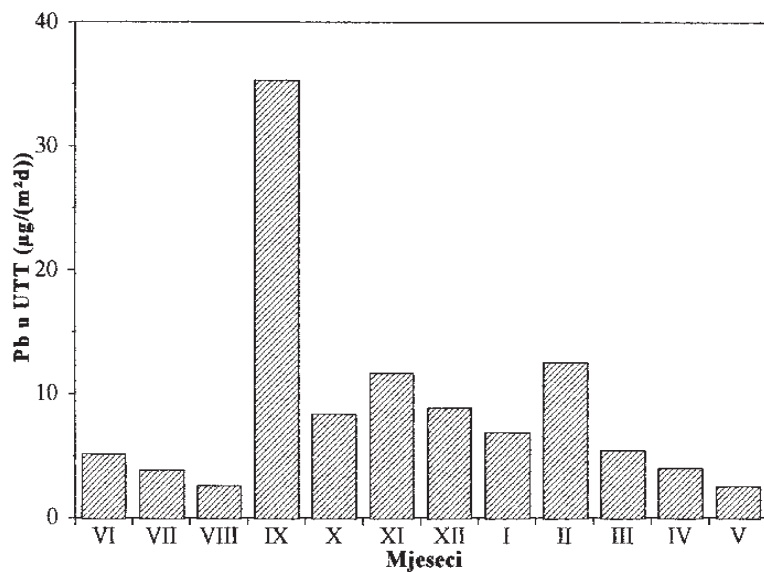
Tijek kretanja srednjih mjesečnih količina ukupne taložne tvari, te olova i talija pokazuje izraziti maksimum u rujnu 1998., dok je kod kadmija maksimum srednje mjesečne vrijednosti zabilježen u travnju 1999. godine.

U Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka (3) postoje PV i GV za ukupnu taložnu tvar, te za metale Pb, Cd i Tl u ukupnoj taložnoj tvari. Ako se dobiveni rezultati usporede s graničnim vrijednostima danim u Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, vidi se da su za sve komponente oni bili niži od PV. Sukladno tome prema članku 21. Zakona o zaštiti zraka (4) okolno područje glede ukupne taložne tvari i metala Pb, Cd i Tl u ukupnoj taložnoj tvari može se kategorizirati kao područje I. kategorije kakvoće zraka.

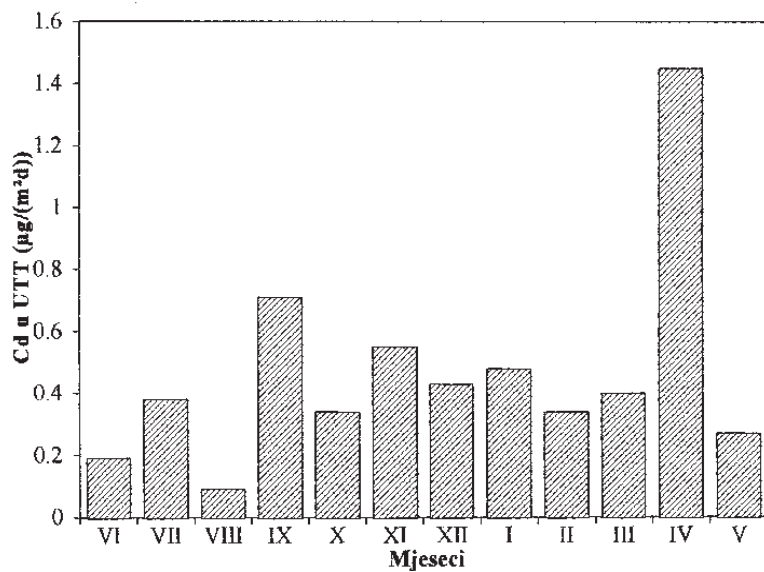
Za anione u ukupnoj taložnoj tvari u Uredbi ne postoje granične vrijednosti, te se glede njih ne može provesti kategorizacija okolnog područja. Od svih mjerenih aniona najviše su bile količine klorida, što nije iznenađujuće s obzirom na blizinu mora.



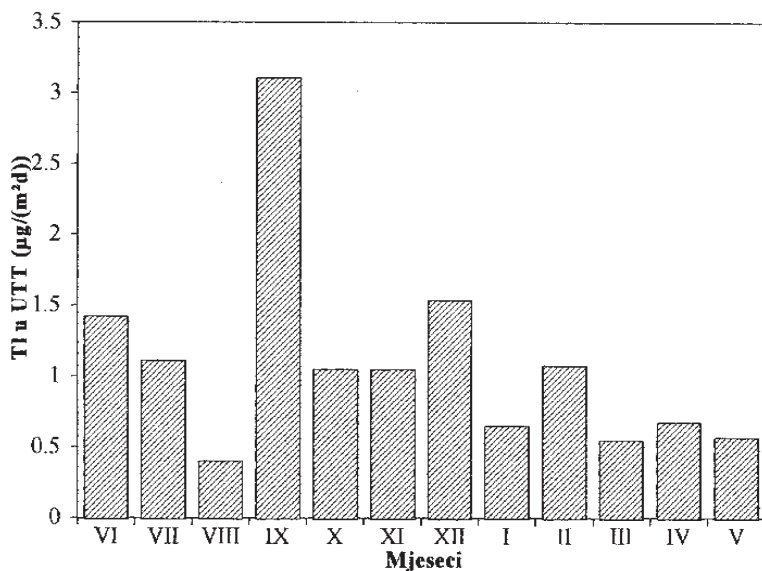
Slika 1. Kretanje srednjih mjesečnih količina ukupne taložne tvari tijekom 1998/99. godine na otoku Žakanj



Slika 2. Kretanje srednjih mjesečnih količina olova u ukupnoj taložnoj tvari tijekom 1998/99. godine na otoku Žakanj



Slika 3. Kretanje srednjih mjesečnih količina kadmija u ukupnoj taložnoj tvari tijekom 1998/99. godine na otoku Žakanj



Slika 4. Kretanje srednjih mjesečnih količina talija u ukupnoj taložnoj tvari tijekom 1998/99. godine na otoku Žakanj

Zaključci

Prvi rezultati jednogodišnjeg mjerenja ukupne taložne tvari te metala Pb, Cd i Tl u ukupnoj taložnoj tvari uspoređeni s graničnim vrijednostima prema Uredbi o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka i Zakonu o zaštiti zraka pokazuju da su količine promatranih tvari koje se talože iz zraka na mjernoj postaji na Kornatima niske, pa okolni zrak zadovoljava kriterije za rekreacijsko područje nacionalnog parka.

Literatura

1. VDI Richtlinie 2119 Blatt 3, VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft 8 (1972) 1-4.
2. Hršak, J.: Određivanje taložne tvari (sediment), Smjernica SDČVJ 201, Savez društava za čistoću vazduha Jugoslavije, 1987.
3. Uredba o preporučenim i graničnim vrijednostima kakvoće zraka, Nar. novine broj 101 (1996), str. 4198.
4. Zakon o zaštiti zraka, Nar. novine broj 48 (1995), str. 1452.

