

# **Kakav zrak udišemo u središnjem i zapadnom dijelu Zagreba?**

**Učenci : Tena Krizmanić, Petra Buljan, Leopold Šprem i Marko Frkanec**

**Mentori: Janja Aničić i Marinela Labaš**

**Škola za medicinske sestre Vrapče, Zagreb  
II. gimnazija, Zagreb**

## **I. Istraživačka pitanja / Hipoteze**

Stručnjaci tvrde da su svi dijelovi Zagreba, kad je riječ o onečišćenju zraka, jednako na udaru. Mjerenje kakvoće zraka u metropoli odvija se na šest postaja, a mjerenja i praćenja kakvoće zraka traju kontinuirano već 45 godina. To je iznimno vrijedan i kvalitetan niz podataka. Kakvoća zraka koji svakodnevno udišemo je uglavnom II. kategorije koja podrazumijeva umjereno onečišćen zrak te malo prekoračene granične vrijednosti. Međutim, na nekim mjestima u Zagrebu kvaliteta zraka je čak I., dok je negdje III. kategorije.

Kakvo je stanje onečišćenja u našoj radnoj i životnoj okolini u zapadnom dijelu grada, gdje se nalazi Škola za medicinske sestre Vrapče, i u samom središtu metropole gdje je smještena II. gimnazija?

I jedna i druga škola smještene su na prostoru ispresijecanom prometnicama i automobilima, u gradskom, trajno izgrađenom području, pa očekujemo ujednačeno stanje u kakvoći zraka u ta dva dijela grada.

Prema službenim podacima najbližih mjernih postaja zrak oko naših škola je I. kategorije kakvoće (čist zrak, granične vrijednosti pojedinih tvari nisu prekoračene) s obzirom na SO<sub>2</sub> i ozon, II. kategorije s obzirom na NO<sub>2</sub> oko II. gimnazije (umjereno onečišćen zrak) i II. kategorije odnosno III. oko Vrapča s obzirom na lebdeće čestice. III. kategorija zraka, prema literaturi, podrazumijeva prekomjerno onečišćen zrak.

Cilj našeg projekta je da koristeći druge metode rada istražimo kolika je podudarnost u ocjeni kakvoće zraka oko naših škola.

## **II. Metode**

- a) kartiranje lihenoflore
    - na našim istraživačkim postajama oko škola pronađeno je ukupno 10 različitih svojti lišaja tijekom jeseni 2009. i proljeća 2010. godine
    - u radu je korištena stručna pomoć Državnog zavoda za zaštitu prirode prilikom određivanja svojti
  - a) određivanje aerosola fotometrom na atmosferskoj GLOBE postaji uz školu prema GLOBE protokolu tijekom prvog tromjesečja 2010. godine
- Osnovni preduvjet mjerenja je potpuno vedro nebo u smjeru Sunca u termina mjerenja. Stoga smo u navedenom razdoblju uspjeli obaviti 22 mjerenja uz II. gimnaziju i 17 mjerenja uz Školu za medicinske sestre Vrapče (podudarnih mjernih dana je 9).

## **III. Prikaz podataka**

### **a) Analiza lihenoflore**

Lihenoflora uključuje sve svojte lišaja koje se mogu naći na određenom području. U Hrvatskoj je zabilježeno nešto više od 1000 svojti. Rasprostranjenost lišajeva uvjetovana je različitim ekološkim čimbenicima, antropogenim i prirodnim.

Na našim istraživačkim postajama (biološke postaje oko škola) kartirali smo i izradili popis lihenoflore. Prema sastavu lihenoflore može se napraviti procjena onečišćenja istraživačkog

područja. Skala od A do G opisuje osjetljivost lišaja na plinove koji u dodiru s vodom iz zraka stvaraju kiseline (SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub>).

**Tablica 1: Procjena onečišćenja zraka prema sastavu lihenoflore na mjernim postajama Križanićeva – Vrapče u razdoblju od 1.3.2010. do 23.4.2010.**

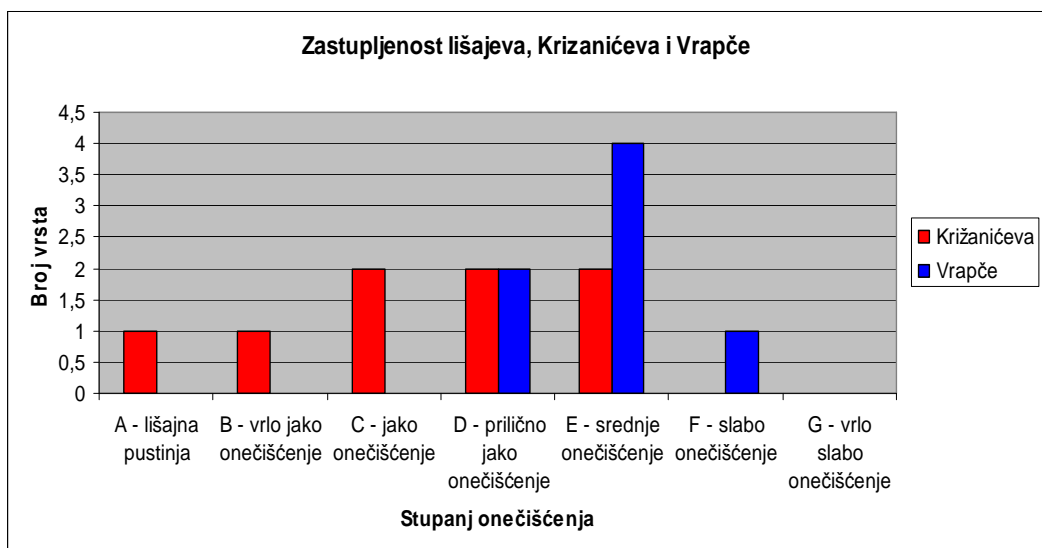
Razina onečišćenja	Naziv svojte	II. gimnazija				Vrapče			
		Vrsta stabla							
		kesten	platana	jablan	ostalo	kesten	platana	jablan	ostalo
A-lišajna pustinja	<i>Pleurococcus viridis</i> (zelena alga)		+						
B-vrlo jako onečišćenje	<i>Amandinea punctata</i>		+						
C-jako onečišćenje	<i>Lecanora conzaeoides</i>			+					
C-jako onečišćenje	<i>Lepraria</i> sp.		+	+					
D-prilično jako onečišćenje	<i>Phaeopphyscia orbicularis</i>	+	+	+		+	+		
D-prilično jako onečišćenje	<i>Physcia tenella</i>		+				+	+	
E-srednje onečišćenje	<i>Candelariella xanthostigma</i>						+		
E-srednje onečišćenje	<i>Parmelia sulcata</i>					+	+	+	
E-srednje onečišćenje	<i>Physcia adscendens</i>	+	+			+		+	+
E-srednje onečišćenje	<i>Xanthoria parietina</i>		+					+	
F-slabo onečišćenje	<i>Melanelia fuliginosa</i> sp. <i>glabratula</i>						+		

#### Opažanje:

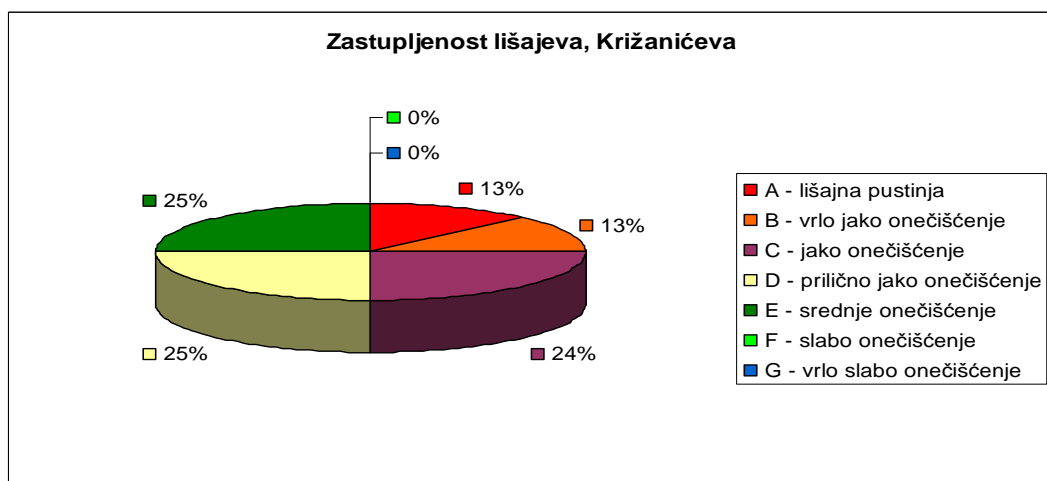
- na istraživačkom području II. gimnazije zabilježeno je ukupno 8, a oko Vrapča 7 vrsta
- od ukupno 8 vrsta zabilježenih oko II. gimnazije čak 6 je iz prve 4 razine onečišćenja (od lišajne pustinje do prilično jakog onečišćenja)
- oko Vrapča se ne pojavljuju vrste iz prve 3 razine onečišćenja; najviše je vrsta (4 od 7) iz područja E tj. srednjeg onečišćenja, a postoji i jedna zabilježena vrsta u području F-slabog onečišćenja
- II. gimnazija ima samo 2 vrste u području E, a u području F nijednu vrstu
- ni na jednoj istraživačkoj postaji nisu zabilježene vrste u području G-vrlo slabog onečišćenja

#### Zaključak:

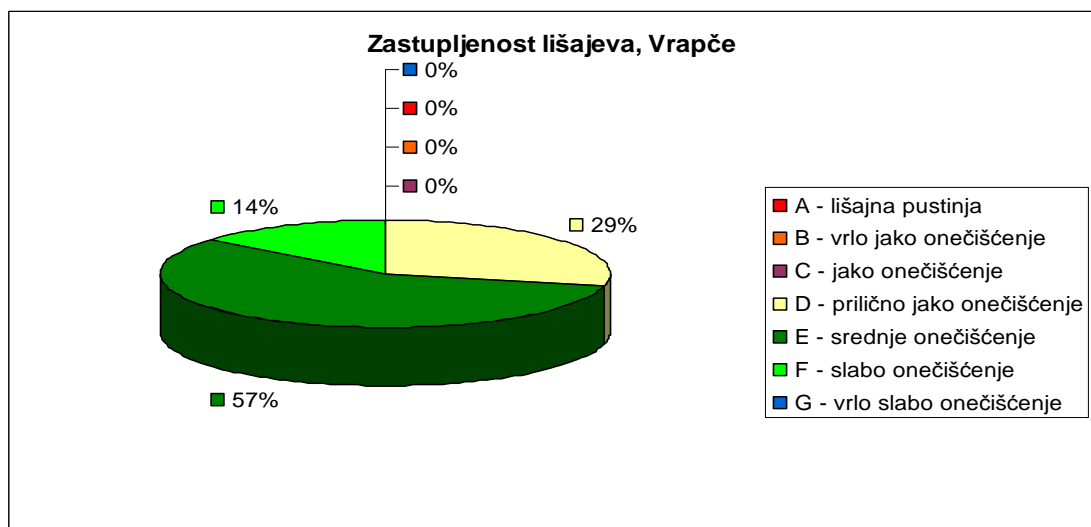
- prema sastavu lihenoflore veću onečišćenost zraka bilježimo oko II. gimnazije što je u skladu sa službenim podacima o mjerenju onečišćenja: NO<sub>2</sub> je onečišćivač koji uzrokuje II. kategoriju zraka oko te škole. Zrak oko Srednje škole za medicinske sestre Vrapče je prema službenim podacima onečišćen i III. je kategorije jedino u odnosu na koncentraciju lebdećih čestica što lišajevima ne predstavlja ograničenje (oni su jedino osjetljivi na plinove- onečišćivače).



**Graf 1a - Usporedbe lišajeva i stupnjeva onečišćenja na mjernim postajama Krizanićeva – Vrapče tijekom ožujka i travnja 2010.**



**Graf 1b - Prices lišajeva prema stupnju onečišćenja na mjernoj postaji Krizanićeva tijekom ožujka i travnja 2010.**



**Graf 1c - Prikaz lišajeva prema stupnju onečišćenja na mjernoj postaji Vrapče tijekom ožujka i travnja 2010.**

## b) Mjerenje aerosola

Aerosoli su krute ili tekuće čestice raspršene u zraku koje smanjuju količinu Sunčeve energije koja dopire do Zemljine površine. Oni uzrokuju izmaglicu, smanjuju vidljivost i utječu na kvalitetu zraka. Mogu biti terestričkog ili svemirskog porijekla, prirodni ili stvoreni djelovanjem čovjeka. Veličina im je od 0,1- 1  $\mu\text{m}$  te raspršuju i upijaju Sunčevu svjetlost. Upijanje (apsorpcija) je pojava da molekule i atomi upijaju zračenje, a samo dio od primljenog zračenja emitiraju natrag u atmosferu.

Raspršivanje je pojava da molekule i sitne čestice u atmosferi skreću smjer EM valova (zrake svjetlosti) na način da čestica primi energiju, zatim istom frekvencijom kao i energija koja je došla do nje i zatim emitira svjetlost (EM valove) u svim smjerovima. Dakle, raspršivanjem količina energije ostaje ista, ali se mijenja smjer upadnog zračenja. Iz tog razloga do fotometra dolazi manje energije jer se dio energije koji je nosila sa sobom zraka svjetlosti raspršio u svim smjerovima. Zato se otvor fotometra okreće točno prema Suncu.

Aerosoli omogućuju difuznu svjetlost i djeluju kao jezgre kondenzacije (bez njih se ne može stvarati oborina). Problem nastaje kada dođe do reakcije između aerosola umjetnog porijekla i kapljica vode u kojima se otapaju.

Sunčeva svjetlost je spektar boja od crvene do ljubičaste. Sastav atmosfere propušta crveno – žuto – narančasto dok se plavo i ljubičasto raspršuje.

Prema GLOBE protokolu se mjerenja direktnog Sunčevog zračenja vrše fotometrom, jednom ili više puta dnevno u vrijeme kada je visina Sunca nad horizontom oko 30 stupnjeva. GLOBE fotometar mjeri količinu energije direktnog Sunčevog zračenja za dvije valne duljine, u zelenom i crvenom području Sunčevog zračenja. Direktno Sunčevo zračenje dolazi do otvora fotometra i stvara proporcionalni električni napon koji očitavamo na voltmetru. Te podatke šaljemo u GLOBE bazu podataka. Iz njih GLOBE server izračunava AOT (Aerosol Optical Thickness- Optička debljina atmosfere) za svaku od navedenih valnih duljina.

AOT je mjera pokazatelj kako aerosoli utječu na prolazak Sunčeve svjetlosti kroz atmosferu. Što je veća optička debljina na određenoj valnoj duljini, manje svjetlosti te valne duljine stiže do Zemljine površine.

AOT je u rasponu od 0 (100% propusnost zračenja) do  $>5,0$  (manje od 1% propusnost zračenja). Za zelenu dio spektra zrak je čist i kada je vrijednost AOT  $<0,05$ , a u uvjetima vrlo mutnog zraka vrijednost se penje čak na  $>0,5$ .

Čist zrak kod red AOT zahtijeva  $<0,03$ , a u uvjetima vrlo mutnog zraka dolazi do  $>0,4$ .

Što je AOT veća, veća je apsorpcija Sunčevog zračenja uzrokovana prisutnošću aerosola različitog podrijetla te manja propusnost atmosfere!

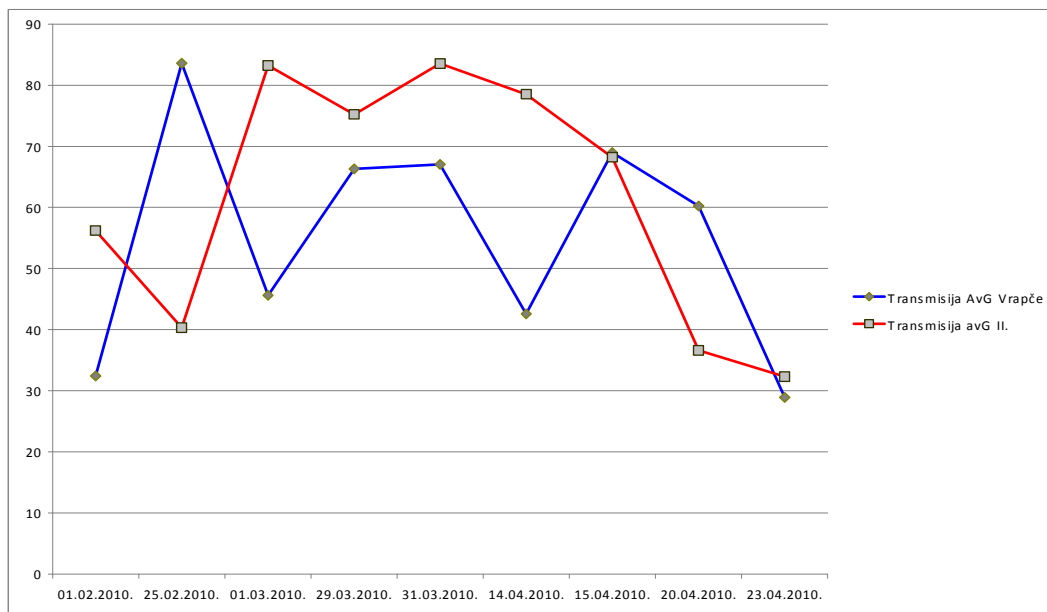
Da bismo iz podataka o naponu izračunali AOT i mogli zaključivati o stanju atmosfere potrebni su nam i drugi podaci: naoblaka i oblaci, trenutna temperatura, relativna vlažnost te tlak. Sva mjerenja vrše se po GLOBE protokolima.

**Tablica 2: Vrapče i II. gimnazija – usporedba prozirnosti neba**

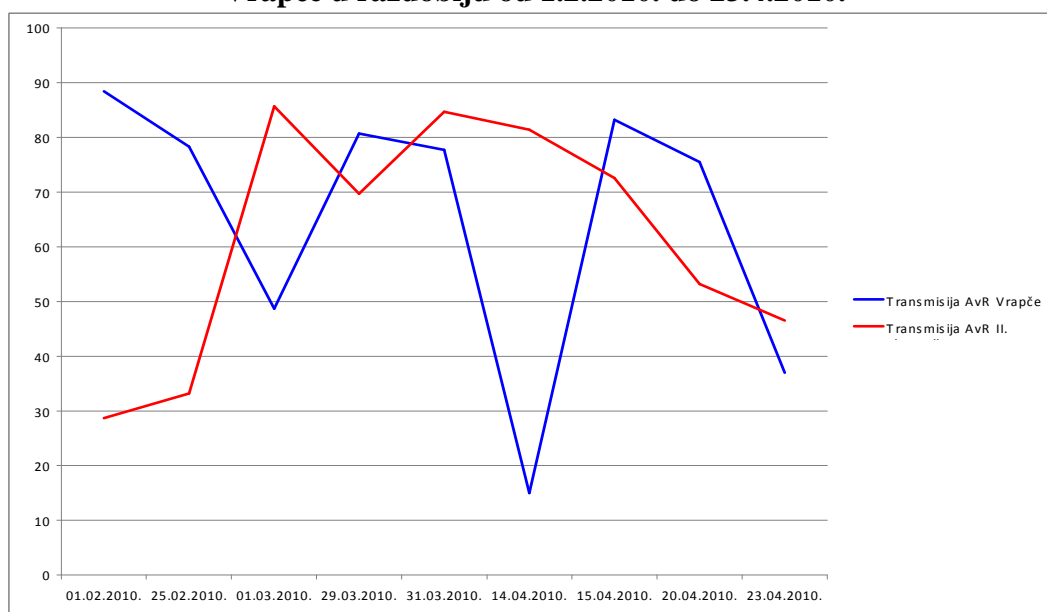
Prozirnost neba	Postotak vidljivosti neba			
	Zeleni dio spektra		Crveni dio spektra	
	Vrapče	II. gimnazija	Vrapče	II. gimnazija
Izrazito čisto	0%	4,54%	0%	0%
Čisto	0%	0%	0%	0%
Ponešto mutno	5,88%	40,91%	11,76%	18,19%
Mutno	23,53%	13,64%	41,18%	27,27%
Izrazito mutno	70,59%	40,91%	47,06%	54,54%

Prozirnost neba se procjenjuje u ove 4 kategorije (izrazito čisto, čisto, ponešto mutno, mutno i izrazito mutno). Za zeleni dio spektra veći je rasap vrijednosti na postaji II.gimnazije jer su zastupljene sve 4 kategorije prozirnosti neba.U tom dijelu spektra na postaji Vrapče kategorija

mutno i izuzetno mutno nebo je čak 94 % mjernih dana, a na postaji II.gimnazije 54,55 % mjernih dana. U području crvenog dijela spektra obje postaje bilježe samo kategorije prozirnost neba u 3 kategorije mutnog neba. Na postaji Vrapče mutno i izuzetno mutno nebo je u 88,34 %, a na postaji II.gimnazije je 81,8%.



**Graf 2a – Usporedba prozirnosti zelenog dijela spektra na mjernim postajama II. – Vrapče u razdoblju od 1.2.2010. do 23.4.2010.**



**Graf 2b – Usporedba prozirnosti crvenog dijela spektra na mjernim postajama II. – Vrapče u razdoblju od 1.2.2010. do 23.4.2010.**

Oblici grafova nisu slični što ukazuje na veliko raspršivanje podataka naših postaja i lokalnu osjetljivost aerosola.

#### **IV. Zaključak**

Prema službenim podacima mjerodavnih institucija zrak u našim radnim i životnim sredinama je zadovoljavajuće kvalitete tj. I. kategorije. Pojedina onečišćenja uzrokovana su prekomjernim koncentracijama NO<sub>2</sub>, ozona i lebdećih čestica (PM<sub>10</sub>) što rezultira kvalitetom zraka II., pa čak i III. kategorije. Potaknuti mogućnošću da sami istražimo kvalitetu zraka oko naših postaja uz pomoć GLOBE protokola i instrumenata (fotometar, barometar, higrometar, termometar,...) tijekom višemjesečnog razdoblja prikupljali smo i obrađivali brojne podatke. Osim GLOBE protokola i instrumenata koristili smo i mogućnost inventarizacije lišajeva na našim istraživačkim postajama. Rasprostranjenost lišajeva uvjetovana je različitim ekološkim čimbenicima, i prirodnim i antropogenim te se često spominju kao pokazatelji čistoće gradskog zraka. Nakon provedenog istraživanja lihenoflore ustanovili smo da se naši prikupljeni podaci podudaraju s podacima mjerodavnih institucija po pitanju zagađenja PM<sub>10</sub> česticama na postaji Vrapče, a uz to smo preko određivanja lihenoflore potvrdili i onečišćenje NO<sub>2</sub> na postaji II. gimnazija jer su na toj istraživačkoj postaji utvrđene svojte lišaja koje se pojavljuju u području onečišćenja plinovima kao što je taj plin. Zrak oko Srednje škole za medicinske sestre Vrapče je prema službenim podacima onečišćen i III. je kategorije jedino u odnosu na koncentraciju lebdećih čestica što lišajevima ne predstavlja ograničenje (oni su jedino osjetljivi na plinove-onečišćivače). Dakle, opet smo dobili potvrdu službenih podataka.

Pomoću GLOBE fotometra mjerili smo količinu energije direktnog Sunčevog zračenja za dvije valne duljine, u zelenom i crvenom području Sunčevog zračenja na našim istraživačkim postajama u razdoblju od 1.2.2010. do 23.4.2010. Direktno Sunčevo zračenje dolazi do otvora fotometra i stvara proporcionalni električni napon koji očitavamo na voltmetru. Iz tih podataka izračunava se AOT za svaku od navedenih valnih duljina. Što je AOT veća, veća je apsorpcija Sunčevog zračenja uzrokovana prisutnošću aerosola različitog podrijetla te manja propusnost atmosfere!

Na postaji Vrapče najveći broj dana AOT bio je veći od 0,5, što nam pokazuje učestalu pojavu mutnog zraka. Postotak propusnosti varira iz dana u dan, no češće je nizak, što objašnjavamo mogućnošću zagađenja tog područja. Na postaji II. gimnazije vrijednosti Green AOT češće su ispod 0,5, to jest vrijednosti koja ukazuje na mutan zrak. Iako, i tu postoji par datuma koji se ističu visokim vrijednostima AOT, tj. niskom propusnošću što nas upućuje da je zrak oko II. gimnazije bolje kvalitete jer je propusnost atmosfere veća.

Na našim mjernim postajama, u zapadnom i središnjem dijelu grada, zrak je onečišćen, prozirnost atmosfere je slaba i dolazi nam manje zračenja. Kako postoji veliko raspršivanje podataka između naših dviju postaja u istom gradu, od dana do dana, možemo zaključiti da su aerosoli lokalno osjetljivi, a uzroke možemo potražiti u nekim slijedećim istraživanjima.

#### Literatura:

- 1) Anamarija Partl: Lišajevi, priručnik za inventarizaciju i praćenje stanja, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb 2009.
- 2) Izvještaj o praćenju onečišćenja zraka na području grada Zagreba za 2007., 2008. i 2009. godinu Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb
- 3) Protokol: Aerosoli, prema originalnoj GLOBE prezentaciji M. Grčić, rujan 2007.
- 4) Protokol: Troposferski ozon, prema originalnoj prezentaciji pripremila M. Grčić, rujan 2007.
- 5) <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/HFrame.html>
- 6) „Zrak u Zagrebu i mjerne postaje“, Vjesnik, 21. listopada 2009.