

Primjena kemometričkih metoda u analizi onečišćivača zraka

Vidaković-Posavac, Nives

Master's thesis / Diplomski rad

2014

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:182:981040>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-14**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Department of Chemistry, Osijek](#)



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski studij kemije

Nives Vidaković Posavac

Primjena kemometričkih metoda u analizi onečišćivača zraka

Diplomski rad

Mentor:

doc. dr. sc. Vlatka Gvozdić i

Sumentor:

doc. dr. sc. Josip Brana

Osijek, 2014.

Zahvaljujem se mentorici, doc. dr. sc. Vlatki Gvozdić, kao i sumentoru, doc. dr. sc. Josipu Brani, na velikoj pomoći i stručnim savjetima koje su mi pružili tijekom pisanja diplomskog rada. Također se zahvaljujem prof. dr. sc. Ivanu Vickoviću na pruženoj podršci i stručnom vodstvu pri izradi metodičkog dijela diplomskog rada.

Na kraju, želim zahvaliti svojoj obitelji i prijateljima na strpljenju i osloncu koji su mi nesebično pružali tijekom studiranja i izrade diplomskog rada.

Veliko hvala svima!

Nives Vidaković Posavac

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Odjel za kemiju

Diplomski studij kemije

Znanstveno područje: Prirodne znanosti

Znanstveno polje: Kemija

**PRIMJENA KEMOMETRIČKIH METODA
U ANALIZI ONEČIŠĆIVAČA ZRAKA**

Nives Vidaković Posavac

Rad je izrađen na: Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Ul. cara Hadrijana 8/A, Osijek, Hrvatska

Mentor: Doc. dr. sc. Vlatka Gvozdić

Sumentor: Doc. dr. sc. Josip Brana

Sažetak

Tijekom pet godina na ukupno šest mjernih stanica za motrenje zagađenja zraka u Zagrebu, Rijeci, Sisku, Kutini i Osijeku praćeni su meteorološki podatci (temperatura, relativna vlažnost i brzina vjetera) i zagađenje zraka lebdećim česticama dijametara 10 mikrometara ili manje (Particulate Matter – PM10). Snimljeni podatci analizirani su PCA metodom (Principal Components Analysis). U većini slučajeva PCA je otkrila relativno male pozitivne veze između koncentracija PM10 i relativne vlažnosti te male negativne veze između koncentracije PM10 i temperature i brzine vjetera. Fourierova analiza potvrđuje postojanje varijacija u koncentraciji PM10 sa razdobljima u rasponu od, uobičajeno, polu-dnevnih i dnevnih, do razdoblja između 18 i 1365 dana. Na svih šest lokacija godišnja aritmetička sredina koncentracije PM10 je bila niža nego li godišnji standard za kvalitetu zraka propisan u Europskoj uniji od $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za PM10.

Diplomski rad obuhvaća: 76 stranica, 29 slika, 8 tablica, 29 literaturnih navoda

Jezik izvornika: hrvatski jezik

Ključne riječi: Fourierova analiza/meteorološki podatci (temperatura, relativna vlažnost i brzina vjetera) / PCA metoda/ PM10

Rad prihvaćen: 01. listopada 2014.

Stručno povjerenstvo za ocjenu:

1. Doc. dr. sc. Vlatka Gvozdić
2. Doc. dr. sc. Josip Brana
3. Prof. dr. sc. Ivan Vicković

Rad je pohranjen: u Knjižnici Odjela za kemiju, F. Kuhača 20, Osijek

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Department of Chemistry
Graduate Study of Chemistry
Scientific Area: Natural Sciences
Scientific Field: Chemistry

**THE APPLICATION OF CHEMOMETRIC METHODS
IN THE ANALYSIS OF AIR POLLUTANTS**

Nives Vidaković Posavac

Thesis completed at: Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Chemistry, Ul. cara Hadrijana 8/A, Osijek, Croatia

Supervisor: Doc. dr.sc. Vlatka Gvozdić

Assistant supervisor: Doc. dr. sc. Josip Brana

Abstract

Five year concentration data of Particulate Matter referring to fine suspended particles with diameter of 10 micrometers or less (PM10) and meteorological data, temperature, relative humidity and wind speed, were recorded at six air-pollution monitoring stations in the cities of Zagreb, Rijeka, Sisak, Kutina and Osijek in Croatia and analyzed using Principal Components Analysis (PCA) method. In most cases, PCA detected relatively low positive relationship between PM10 concentrations and relative humidity, and a low negative relationship between PM10 concentrations, temperature and wind speed. Fourier analysis confirms the existence of variation in PM10 concentrations in periods ranging from the usual semi-daily, daily to periods ranging between 18 and 1365 days. It was shown that the annual arithmetic mean concentrations of PM10 was lower than the European Union air quality standard for PM10 of 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (measured as an annual mean) at all six locations.

Thesis includes: 76 pages, 29 figures, 8 tables, 29 references

Original in: Croatian language

Keywords: Fourier analysis/meteorological data (temperature, relative humidity and wind speed)/PM10/Principal Components Analysis (PCA) method

Thesis accepted: October 1th, 2014

Reviewers:

1. Doc. dr. sc. Vlatka Gvozdić
2. Doc. dr. sc. Josip Brana
3. Prof. dr. sc. Ivan Vicković

Thesis deposited in: Library of Department of Chemistry, F. Kuhača 20, Osijek, Croatia

SADRŽAJ

1. UVOD	6
2. LITERATURNI PREGLED	8
2.1 Lebdeće čestice	8
2.2 Metode	10
2.2.1 PCA (<i>engl. Principal Component Analysis</i>)	10
2.2.2 Fourierova analiza	12
3. EKSPERIMENTALNI DIO	14
3.1 Praćenje kakvoće zraka	14
3.2 Istraživano područje za mjernu postaju Kutina 1	16
3.3 Istraživano područje za mjernu postaju Sisak 1	16
3.4 Istraživano područje za mjernu postaju Zagreb 1	16
3.5 Istraživano područje za mjernu postaju Osijek 1	16
3.6 Istraživano područje za mjerne postaje Rijeku 1 i Rijeka 2	17
4. REZULTATI EKSPERIMENTALNOG DIJELA RADA	18
4.1 Mjerne postaje Kutina 1 i Sisak 1	19
4.1.1 Mjerna postaja Kutina 1	20
4.1.2 Mjerna postaja Sisak 1	23
4.2. Mjerne postaje Zagreb 1 i Osijek 1	26
4.2.1 Mjerna postaja Zagreb 1	27
4.2.2 Mjerna postaja Osijek 1	30
4.3 Mjerne postaje Rijeka 1 i Rijeka 2	33
4.3.1 Mjerna postaja Rijeka 1	34
4.3.2 Mjerna postaja Rijeka 2	37
4.4 Značajni periodi (u danima) i vrijednosti njihovih intenziteta pronađeni uz pomoć Fourierove analize	40
5. DISKUSIJA EKSPERIMENTALNOG DIJELA RADA	41
6. METODIČKI DIO	46
6.1 POKUS 1.: GORENJE SVIJEĆE	52
6.1.1 Radni listić - Pokus 1.: Gorenje svijeće	53
6.1.2 Rješenja radnog listića - Pokus 1.: Gorenje svijeće	54

6.2 POKUS 2. : GUSTOĆA ZRAKA I TEMPERATURA.....	55
6.2.1 Radni listi - Pokus 2.: Gustoća zraka i temperatura.....	56
6.2.2 Rješenje radnog listića - pokus 2.: Gustoća zraka i temperatura.....	57
6.3 POKUS 3. : GORENJE	58
6.3.1 Radni listić - Pokus 3.: Gorenje.....	59
6.3.2 Rješenje radnog listića – Pokus 3.: Gorenje	59
6.4 POKUS 4.: GAŠENJE POŽARA.....	60
6.4.1 Radni listić – Pokus 4.: Gašenje požara.....	61
6.4.2 Rješenje radnog listića – Pokus 4.: Gašenje požara.....	61
6.5 POKUS 5.: PRAĆENJE LEBDEĆIH ČESTICA PM10 NA DRŽAVNOJ MREŽI ZA TRAJNO PRAĆENJE KVALITETE ZRAKA.....	63
6.5.1 Radni listić - Pokus 5.: Praćenje lebdećih čestica PM10 na Državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka.....	64
6.5.2 Rješenje radnog listića - Pokus 5.: Praćenje lebdećih čestica PM10 na Državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka.....	65
6.6 PLAKATI	68
7. ZAKLJUČAK.....	69
8. LITERATURA.....	70
9. ŽIVOTOPIS	74

1. UVOD

Neprekidni rast broja mjernih postaja na kojima se neprekidno prikupljaju podatci o koncentracijama različitih onečišćivača zraka i meteoroloških parametara doveo je do potrebe analiziranja tako enormno velikog broja podataka, ali i pronalaženja povezanosti među praćenim varijablama. Za razliku od uvriježenih metoda univarijantne analize koje ne pružaju dovoljno pouzdanih mogućnosti za objedinjavanje višestrukih opažanja, multivarijantne metode analize omogućavaju proučavanje međuzavisnosti kompleksno vezanih – zavisnih ili nezavisnih varijabli. Kemometrika je disciplina koja koristi matematičke i statističke metode u cilju oblikovanja ili odabira optimalnog procesa mjerenja ili eksperimenta, koji bi potom, nakon analize podataka, trebao omogućiti dobivanje maksimalnog broja informacija. Najčešća primjena kemometrike je u analizi velikih skupova podataka i prepoznavanju matematičkih modela. Neke od metoda koje se koriste u kemometrici su: metoda analize glavnih komponenta, faktorska analiza, diskriminacijska analiza, višestruka linearna regresija, brojna analiza, kanonička korelacijska analiza, analize vremenskih serija itd.

Kako bi se utvrdila međusobna povezanost varijabli, utvrdio glavni uzrok među podacima i utvrdio uzrok odstupanja u vrijednostima satnih koncentracija PM10, u ovome radu primijenjena je jedna od metoda analize podataka pod nazivom metoda Analize glavnih komponenta. Uz pomoć metode Analize glavnih komponenta obrađeni su podatci satnih vrijednosti koncentracija PM10, temperature, relativne vlage i brzine vjetra, prikupljenih u periodu od siječnja 2007. do siječnja 2013. godine na šest mjernih postaja u Republici Hrvatskoj.

PM10 čestice su među najštetnijim oblicima onečišćenja zraka, a njihova razina je i dalje visoka unatoč donošenju zakona EU kojima se pokušavaju smanjiti onečišćenja ispušnih plinova i dimnjaka. U cilju usporedbe koncentracija PM10 prije i nakon pristupanja EU, u ovome su radu podatci mjernih postaja na šest lokacija u Hrvatskoj iskorišteni i za prikaz jednogodišnjih prosjeka za svaku lokaciju pojedinačno.

U cilju dobivanja informacija o mogućim nevidljivim ciklusima u naizgled nepravilnim varijacijama satnih koncentracija PM10, a koje bi mogli povezati s antropogenim faktorima, u ovome radu primijenjena je i jedna od metoda analize vremenskih serija: Fourierova analiza.

Rad je podijeljen u nekoliko poglavlja. Iza uvoda slijedi pregled dosadašnjih istraživanja vezanih uz primjenu metoda multivarijantne analize na atmosferske podatke, a potom i osvrt na prirodu PM10 čestica i njihovog utjecaja na okoliš. U tome je dijelu dan osvrt i na moguće posljedice prekoračenja dozvoljenih koncentracija. Nakon toga su opisane mjerne postaje, a potom i korištene metode. Slijede rezultati rada i diskusija rezultata, a na kraju se nalaze zaključak i korištena literatura.

2. LITERATURNI PREGLED

2.1 Lebdeće čestice

Lebdeće čestice i ozon dva su polutanta s najvećim utjecajem na ljudsko zdravlje.[1] Čestice u zraku (*engl. Particulate Matter*) su kompleksna mješavina različitih kemijskih spojeva (nitrati, sulfati, organski kemijski spojevi, metali, sol) i čestica vode. Osnovna značajka lebdećih čestica je da mogu ostati raspršene u struji ispuštanja plinova tijekom dužeg vremenskog razdoblja jer su vrlo male i uglavnom nisu homogenog kemijskog sastava.

Općenito, lebdeće čestice dijele se prema veličini u tri skupine:

- a) grube čestice dimenzija 2,5-10 μm (PM 10),
- b) fine čestice dimenzija < 2,5 μm (PM 2,5) i
- c) ultrafine čestice dimenzija < 0,1 μm (PM 0,1). [2-9]

Lebdeće čestice u okoliš dospijevaju u različitim oblicima i veličinama (u obliku prašine, dima, čađe, prašine čestica minerala, silikata itd.). Uglavnom nastaju pri procesima izgaranja (industrijskim i neindustrijskim ložištima, izgaranje u termoelektričkim objektima), proizvodnim procesima, (tvornice cementa i azbesta, željezare i dr.), cestovnom prometu isparavanjem i kondenzacijom te u nekim industrijskim procesima, npr. mehaničkim djelovanjem (usitnjavanje i mljevenje tijekom pripreme sirovine), tijekom transporta gdje može doći do usitnjavanja materijala te punjenja procesnih uređaja sirovinom. [2-9]

Pri velikim dozama i dugoj izloženosti uzrokuju kronične plućne upale, hiperplaziju epidermalnih stanica, plućnu fibrozu i rak pluća. Nataložene čestice u plućima koje su slabo topive ili netopive u tekućini unutar pluća reagiraju s epitelnim i obrambenim stanicama te ovaj fenomen uzrokuje upalne kaskade u plućima. Upale i sistemski efekti ultrafinih čestica pokreću i kardiovaskularne efekte. Sve je više dokaza o utjecaju zagađenja zraka na pojavu astme. [2-9]

Ispušne su čestice motora također bitan čimbenik za dišne infekcije. Većina tih čestica je u klasi fine ($0,1 - 2,5 \mu\text{m}$) i ultrafine ($< 0,1 \mu\text{m}$). Uzrokuju oštećenja tkiva i povećavaju markere za upalu pluća. [2-9]

Budući da onečišćenje zraka lebdećim česticama PM10 može imati ozbiljne posljedice za zdravlje i okoliš potrebno je provoditi mjere koje bi doprinijele smanjenju koncentracija PM10.

Direktiva 2008/50/EC o kakvoći zraka te čistom zraku za Europu zahtijeva od zemalja članica postavljanje granica izloženosti građana lebdećim česticama PM10. Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN117/12) postavljene su granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Prema Uredbi, u jednoj kalendarskoj godini granična vrijednost onečišćujuće tvari, PM10, je $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a 24 satna granična vrijednost je $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ koja ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom kalendarske godine. [24]

Istraživanja koncentracija PM10 na području Hrvatske, Srbije i Mađarske ukazala su na činjenicu da su slučajevi iznimno povišenih koncentracija PM10 čestica posljedica utjecaja lokalnih i regionalnih antropogenih faktora, a ne posljedica transporta iz udaljenijih dijelova Europe.[10]

Istraživanja međusobnih odnosa koncentracija PM10 i meteoroloških varijabli važna su stoga što meteorologija igra važnu ulogu u povećanju/smanjenju njihovih koncentracija. Tako će, na primjer, padaline utjecati na smanjenje koncentracije PM10 dok će toplije vrijeme, u kombinaciji s produženom sezonom visokih koncentracija alergenata u zraku i povišenim koncentracijama zagađivača u zraku (PM10, NO_x , ozon), najvjerojatnije dovesti do porasta respiratorne bolesti i pogoršanja simptoma bronhijalne astme.[11]

Istraživanja utjecaja meteoroloških uvjeta na koncentracije metala u PM10 česticama na području Zagreba pokazala su također da su za povišene koncentracije odgovorni mala brzina vjetra i vjetar jugoistočnih smjerova koji je prenosio PM10 čestice iz industrijskog dijela grada Zagreba do mjerne postaje. [12]

Istraživanja kvalitete zraka na području grada Rijeke u periodu do 2010. godine pokazala su visok stupanj zagađenja s SO_2 i NO_2 i umjereni stupanj onečišćenja s NH_3 , PM, policikličnih aromatskim ugljikohidratima, kao i značajno sniženje onečišćenja zraka koje je nastalo kao posljedica sagorijevanja. [1 i 8]

2.2 Metode

U ovom su radu korištene metode analize glavnih komponenata i Fourierova analiza. Slijedi sažetak navedenih metoda, a više o njima moguće je naći u brojnoj literaturi. [13-23]

2.2.1 PCA (*engl. Principal Component Analysis*)

PCA je metoda kojom se reducira dimenzionalnost, a koristi se u svrhu postizanja preglednosti i pojednostavljenja velikog broja podataka. PCA je metoda formiranja novih, latentnih varijabli (linearnih složenica – kombinacije izvornih varijabli) koje su međusobno nezavisne (nisu međusobno u korelaciji), a zadržavaju se samo one koje su “dovoljno informativne”. Maksimalni broj novih varijabli koji se može formirati jednak je broju izvornih varijabli. Metoda *analize glavnih komponenata* – PCA metoda (*engl. Principal Component Analysis*) uvedena je 1901. godine (Karl Pearson), a razvio ju je Howard Hotelling (1933.). Područje prvih značajnijih primjena metode PCA u prirodnim znanostima bila je biologija. Metoda glavnih komponenata temelji se na rješavanju karakteristične jednadžbe korelacijske matrice. Korelacijska matrica može biti kompletna korelacijska matrica s jedinicama u glavnoj dijagonali i tada se faktorizacija takve matrice zove *metoda glavnih komponenata*. Rješavanje karakteristične jednadžbe u oba slučaja ima za rezultat karakteristične korijene ili karakteristične vektore. Bazu podataka u PCA metodi tvori n ispitanika, mjerenja ili slično (*objekti, vektori*) na kojima se mjeri p obilježja, atributa, parametara ili slično (*varijable*). Ovi se podaci mogu interpretirati kao n točaka u p -dimenzionalnom vektorskom prostoru R^p i imaju oblik matrice $n \times p$. Faktorska opterećenja (*engl. factor loadings*) predstavljaju korelacije između izvornih varijabli i ključne su za razumijevanje prirode samog faktora. Kvadrati

faktorskih opterećenja nazivaju se komunaliteti (*engl. communality*), a predstavljaju udio varijance izvorne varijable u ukupnoj vrijednosti varijance objašnjene određenim faktorom.

Može se smatrati da su dvije varijable, koje su visoko korelirane istog ili sličnog sadržaja. Ovom se metodom veći broj takvih varijabli zamjenjuje manjim brojem neovisnih varijabli. Zbog toga se provodi transformacija koordinatnog sustava. Projekcije varijabli baze podataka na koordinatne osi novog koordinatnog sustava predstavljaju nove, umjetne, varijable – *glavne komponente* (*engl. principal component*) koje se dobivaju kreiranjem p linearnih kombinacija izvornih varijabli.

$$\xi_1 = w_{11} X_1 + w_{12} X_2 + \dots + w_{1p} X_p$$

$$\xi_2 = w_{21} X_1 + w_{22} X_2 + \dots + w_{2p} X_p$$

$$\vdots$$

$$\xi_p = w_{p1} X_1 + w_{p2} X_2 + \dots + w_{pp} X_p, \quad (1)$$

gdje su $\xi_1, \xi_2 \dots \xi_p$ glavne komponente, a w_{ij} su koeficijenti (*engl. weights*), odnosno konstante koje čine koeficijente j -te varijable za i -tu glavnu komponentu.

U prvoj je glavnoj komponenti (F1 ili PC1) sadržana najveća moguća vrijednost varijance, druga ima maksimalnu moguću vrijednost od ostatka ukupne varijance, tako i treća sve do zadnje p -te glavne komponente.

Da bi se reducirao broj varijabli, odnosno dimenzija prostora korištena je metoda glavnih komponenata, te je potrebno pronaći kriterij za odbacivanje "malo informativnih" novih varijabli odnosno za zadržavanje onih varijabli koje nose najveći dio informacija sadržanih u polaznom sustavu varijabli. Postoji niz kriterija, a neki od njih su: Kaiserov kriterij prema kojemu se uzimaju samo one glavne komponente kojima odgovaraju svojstvene vrijednosti veće od 1, Cattellov dijagram (*engl. scree plot*) gdje oblik dijagrama određuje broj faktora, kriterij postotka objašnjene varijance prema kojem se faktori izlučuju sve dok se više ne mogu odrediti faktori koji značajno smanjuju neobjašnjenu varijancu, zadržavanje komponenata koje nose odnosno zadržavaju svaka posebno unaprijed zadani dio informacija. Svaki se od ovih kriterija može primijeniti kao pravilo kojim se mogu reducirati varijable, a njihov je izbor u

nekom konkretnom slučaju uvjetovan zadržavanjem ne prevelikog broja varijabli, a da pri tome gubitak informacija iz polaznog sustava bude što manji. U ovome je radu zadržan toliki broj komponenata koliki je potreban da bi udio objašnjene varijance u podacima bio veći od 70% , što se smatra dovoljnim za uspješno objašnjavanje rezultata. [14, 17]

Dobivene je rezultate moguće prikazati u obliku tzv. bi-plot prikaza gdje su na istoj slici prikazane vrijednosti faktorskih opterećenja (obilježja varijabli) i vrijednosti "skorova" (obilježja mjerenja). U ovome će radu te vrijednosti biti prikazane odvojeno, ponajviše zato što je broj točaka bio prevelik, a ponegdje je slike bilo potrebno prikazati u 3D obliku, čime su prikazi dobivenih rezultata znatno grafički pojednostavljeni.

2.2.2 Fourierova analiza

Bilo koja serija od n podatka iz vremenske domene može uz pomoć Fourierovih transformacija biti transformirana u frekvencijsku domenu, što se može pojednostavniti razvojem funkcije u Fourierov red:

$$y_t = \bar{y} + \sum_{k=1}^{\infty} \left\{ A_k \cos \left[\frac{2\pi kt}{T} \right] + B_k \sin \left[\frac{2\pi kt}{T} \right] \right\} \quad (1)$$

Gdje su :

A i B - Fourierovi koeficijenti,

t – vrijeme

k- harmonijski broj

Rezultati Fourierove analize prikazuju se u obliku periodograma. Takvi grafički prikazi, nazvani još i spektri snage (*engl. power spectrums*), predstavljaju kvadriranu amplitudu: kao funkciju perioda ili frekvencije što govori i sam njezin naziv (frekvencijska domena). Najveće vrijednosti periodograma ukazuju na najvažnije cikluse, stoga je iz takvih prikaza moguće procijeniti doprinos sezonskih, tjednih ili dnevnih promjena ukupnoj varijanci podataka. [13]

U ovome radu ovom su metodom obrađene vrijednosti koncentracija PM10 kako bi se pronašli značajniji ciklusi koji bi se eventualno mogli pripisati antropogenim utjecajima. Uz pomoć dobivenih rezultata (prije kompletne analize koja bi u nastavku proučavanja uključila i meteorološke varijable) rezultate bi "očistili" od lažnih maksimuma koji ne pripadaju ni meteorološkim, a ni uobičajenim ciklusima u koncentracijama PM10.

Prije provedene analize glavnih komponenta i Fourierove analize, izmjerene koncentracije PM10 čestica i meteorološki parametri prethodno su obrađeni, na način da su podatci koji su nedostajali izračunati interpolacijom od točaka koje su bile na raspolaganju.

3. EKSPERIMENTALNI DIO

3.1 Praćenje kakvoće zraka

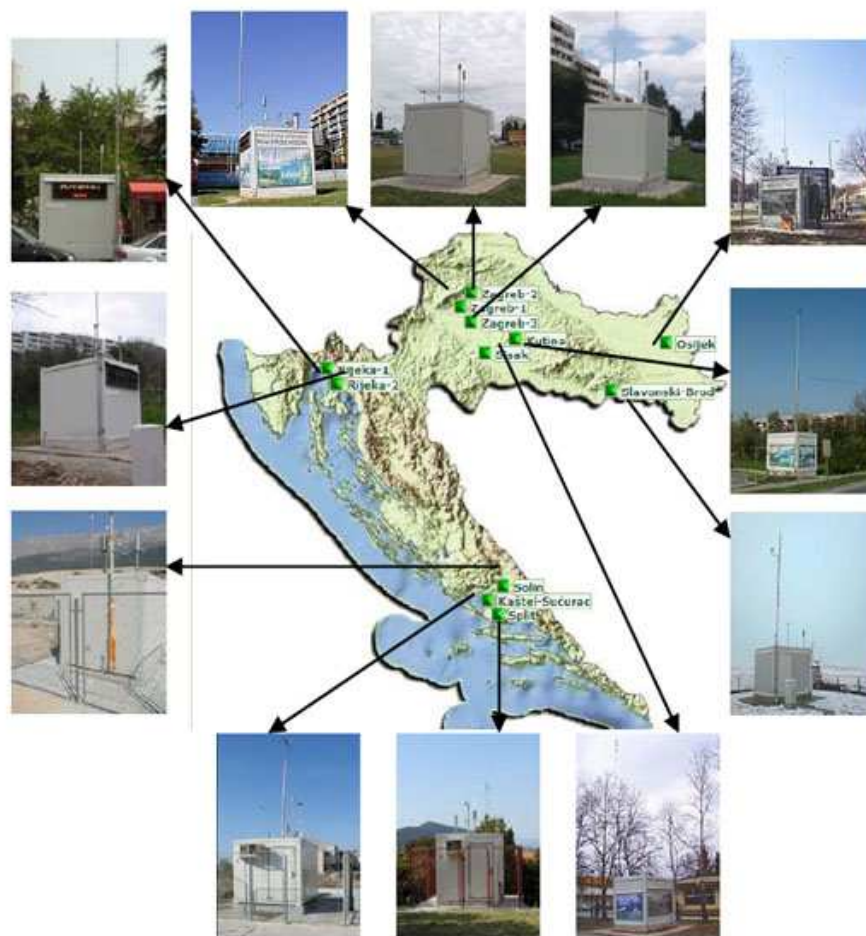
Obveza mjerenja i praćenja kakvoće zraka, ocjenjivanja razine onečišćenosti zraka i poduzimanja odgovarajućih mjera u cilju njegovog poboljšanja propisana je zakonskom regulativom. [24]

Razina onečišćenosti zraka prati se mjerenjem koncentracija onečišćujućih tvari u zraku mjernim instrumentima za automatsko mjerenje i/ili uzorkovanjem uz fizikalno-kemijsku analizu u laboratoriju.

Postupak uzorkovanja obuhvaća pripremu, uzimanje, čuvanje i prijevoz uzoraka do laboratorija, a uzorci se ispituju, određuju, mjere ili analiziraju u laboratoriju fizikalno-kemijskom analizom.

Način provjere kvalitete mjerenja i podataka, način obrade i prikaza rezultata, te ocjena njihove kvalitete, provodi se prema propisanim referentnim metodama mjerenja i zahtjevu norme HRN EN ISO/IEC 17025. Ugađanje i provjera radnih karakteristika i mjerne slijdivosti automatskih mjernih instrumenata obavlja se prema propisanim referentnim metodama mjerenja prema normi HRN EN ISO/IEC 17025.

Sukladno Uredbi o utvrđivanju popisa mjernih mjesta za praćenje koncentracija pojedinih onečišćujućih tvari u zraku i lokacija mjernih postaja u Državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 22/14), na području Republike Hrvatske ima šesnaest mjernih mjesta za praćenje koncentracija onečišćujućih tvari u zraku koje su uglavnom smještene u ruralnom području. Kakvoću zraka na nekom području određuju koncentracije onečišćujućih tvari zraka.



Slika 3-1 Prikaz nekih od mjernih mjesta za praćenje koncentracija onečišćujućih tvari u zraku

Izvor: <http://zrak.mzoip.hr/default.aspx?id=12> [26]

Za potrebe izrade ovoga rada zatraženi su validirani podatci o satnim koncentracijama PM₁₀ za mjerne postaje Kutina 1, Sisak 1, Zagreb 1, Osijek 1, Rijeku 1 i Rijeku 2, od Ministarstva zaštite okoliša i prirode za period od siječnja 2007. do siječnja 2013. godine, a od Hidrometeorološkog zavoda dobiveni su meteorološki parametri (temperature, relativne vlage, brzine i smjera vjetra) za gore navedeni period.

3.2 Istraživano područje za mjernu postaju Kutina 1

Mjerna postaja Kutina 1 nalazi se u Kutini u Ulici Petra Preradovića na 45°29' sjeverne geografske širine i 16°47' istočne geografske dužine. Mjerno je mjesto klasificirano kao gradsko pozadinsko. Prvenstvena je namjena postaje praćenje razina onečišćenosti zraka u naseljima i industrijskim područjima. Prosječna godišnja temperatura na području grada Kutine je od 12 do 15°C, a padalina u prosjeku godišnje ima 800 - 1000 mm.

3.3 Istraživano područje za mjernu postaju Sisak 1

Mjerna postaja Sisak 1 nalazi se u Sisku u Ulici M. Cvetkovića na 45°29' sjeverne geografske širine i 16°16' istočne geografske dužine. Mjerno je mjesto klasificirano kao industrijsko. Srednja godišnja temperatura zraka u gradu Sisku je 11,9°C, dok je godišnji prosjek oborina 966,5 mm. Prvenstvena je namjena postaje praćenje razina onečišćenosti zraka u naseljima i industrijskim područjima.

3.4 Istraživano područje za mjernu postaju Zagreb 1

Mjerna postaja Zagreb 1 nalazi se u Zagrebu na raskrižju Ulice grada Vukovara i Miramarske ceste na 45°48' sjeverne geografske širine i 15°56' istočne geografske dužine. Mjerno je mjesto klasificirano kao prometno. Srednja godišnja temperatura zraka u gradu Zagrebu je 10°C. Maksimum oborina javlja se tijekom lipnja od 105 do 110 mm, dok najmanje količine oborina padnu tijekom siječnja ili veljače od 70 do 62 mm. Prvenstvena je namjena postaje praćenje razina onečišćenja koje je posljedica prometa, ali to ne isključuje praćenja iz ostalih izvora onečišćenja.

3.5 Istraživano područje za mjernu postaju Osijek 1

Mjerna postaja Osijek 1 nalazi se u Osijeku na raskrižju Ulice kneza Trpimira i Europske avenije na 45°33' sjeverne geografske širine i 18°43' istočne geografske dužine. Mjerno je mjesto klasificirano kao prometno. Srednja godišnja temperatura zraka u gradu Osijeku je 11,7°C, dok se prosječne godišnje količine oborina kreću od 700- 800 mm.

Prvenstvena je namjena postaje praćenje razina onečišćenja koje je posljedica prometa, ali to ne isključuje praćenja iz ostalih izvora onečišćenja.

3.6 Istraživano područje za mjerne postaje Rijeku 1 i Rijeka 2

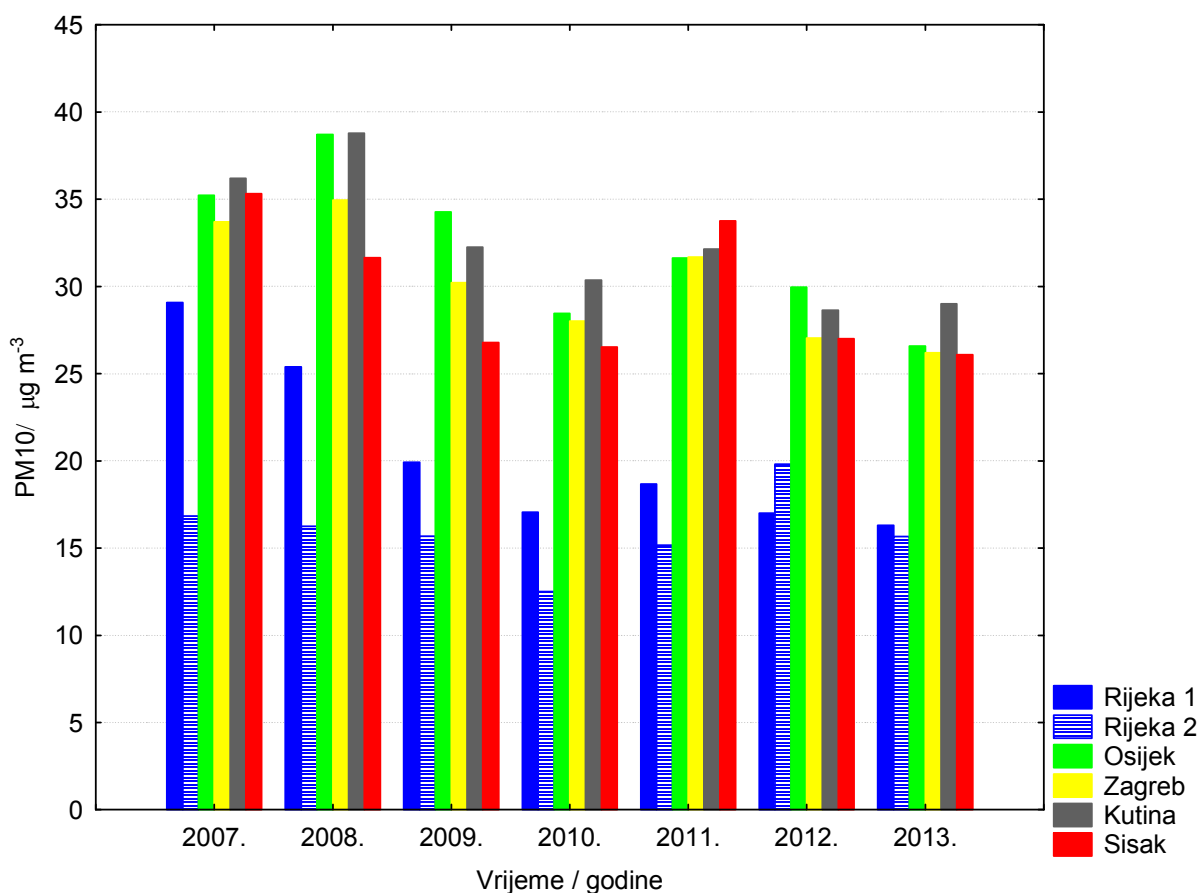
Na području grada Rijeke nalaze se dva mjerna mjesta za praćenje koncentracija onečišćujućih tvari u zraku:

- Mjerna postaja Rijeka 1 nalazi se u Rijeci na lokaciji Stari grad na 45°20' sjeverne geografske širine i 14°25' istočne geografske dužine. Klasifikacija mjernog mjesta: urbana. Prvenstvena je namjena postaje praćenje razina onečišćenja koje je posljedica prometa, ali to ne isključuje praćenja iz ostalih izvora onečišćenja.
- Mjerna postaja Rijeka 2 nalazi se u Rijeci na lokaciji Sušak na 45°19' sjeverne geografske širine i 14°29' istočne geografske dužine. Mjerno je mjesto klasificirano kao gradsko pozadinsko/prigradsko. Prvenstvena je namjena postaje praćenje razina onečišćenja u naseljima i industrijskim područjima.

Srednja je godišnja temperatura zraka u gradu Rijeci je 13,8°C. Srednja godišnja količina oborina iznosi 1552,4 mm.

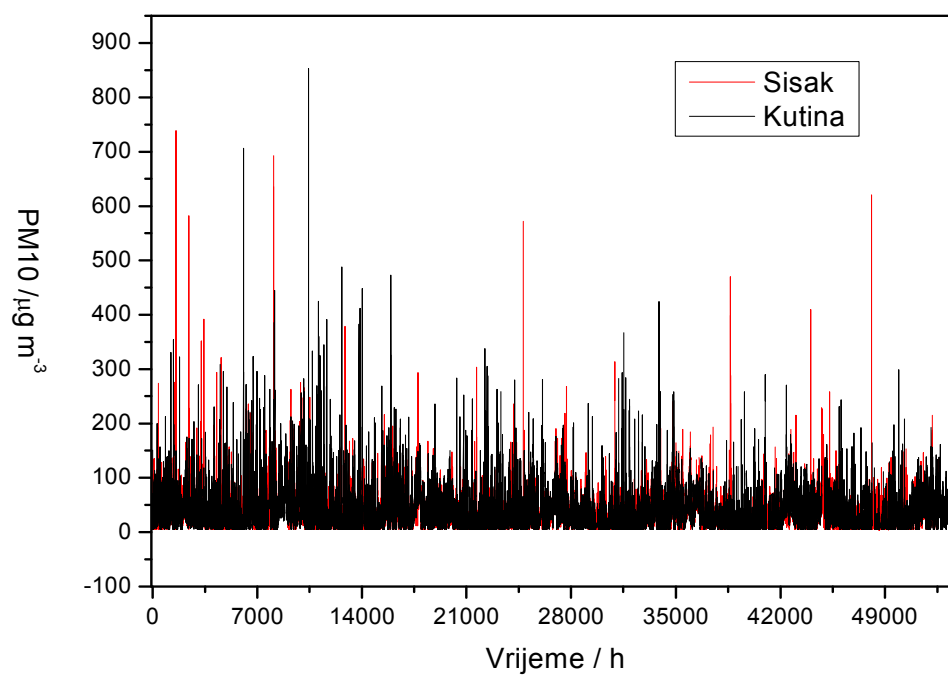
4. REZULTATI EKSPERIMENTALNOG DIJELA RADA

U odlomcima 4.1 do 4.3. bit će prikazani izvorni dijagrami koncentracija PM10, dijagrami osnovne statistike i rezultati provedene analize glavnih komponenata za mjerne postaje u sljedećim parovima: Kutina 1 i Sisak 1; Osijek 1 i Zagreb 1; Rijeka 1 i Rijeka 2. U prikazanim tablicama dobivenim nakon primjene analize glavnih komponenata bit će prikazane svojstvene vrijednosti, udio varijance opisan svakom pojedinom komponentom, vrijednosti komunaliteta i vrijednosti faktorskih opterećenja. U razmatranje su uzete vrijednosti faktorskih opterećenja $\geq 0,7$. Pri odabiru broja komponenata (faktora) vodilo se računa da njihov broj pokriva 70% i više varijacija u podacima što je dovoljno velik postotak za adekvatan prikaz podataka.



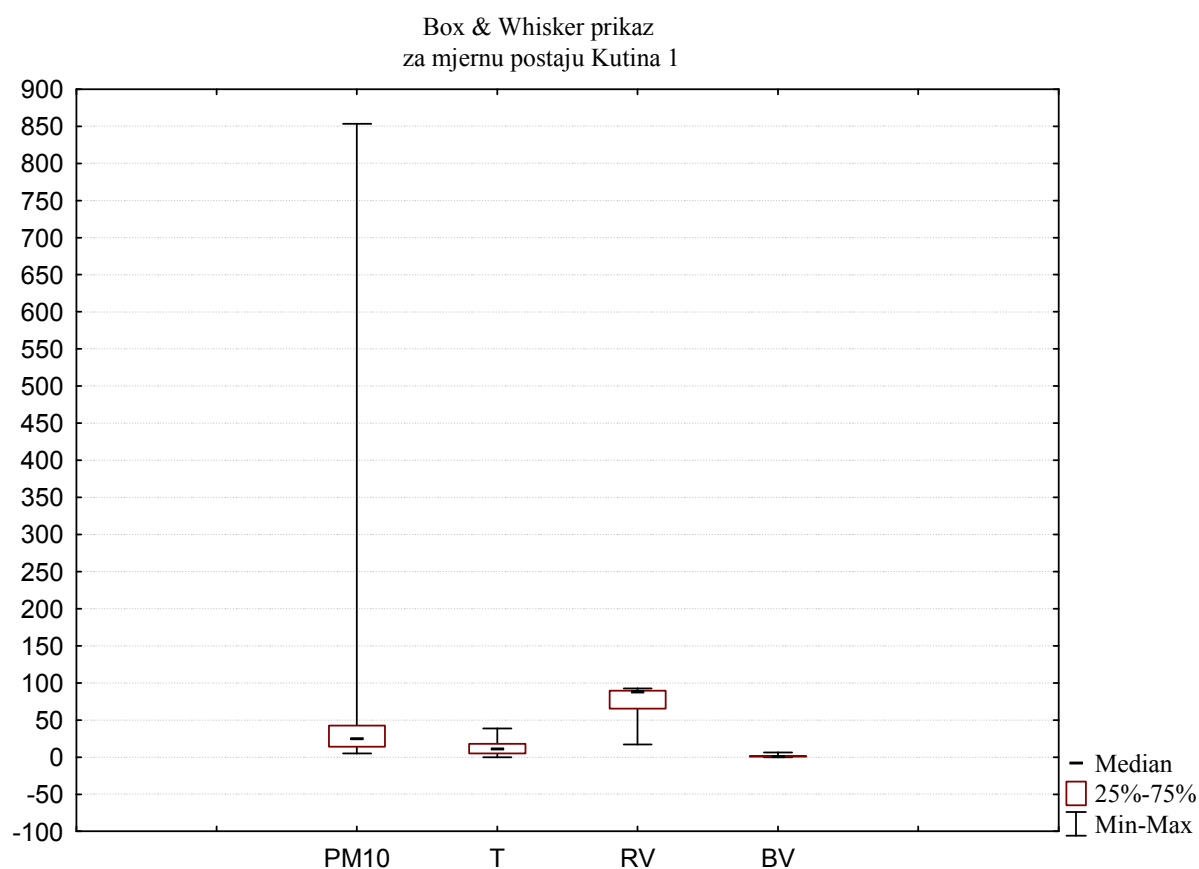
Slika 4 -1 Prosječne godišnje vrijednosti za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na šest mjernih postaja u Republici Hrvatskoj

4.1 Mjerne postaje Kutina 1 i Sisak 1



Slika 4.1 - 1 Praćenje satne vrijednosti koncentracija PM10
za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjerenim postajama Kutina 1 i Sisak 1

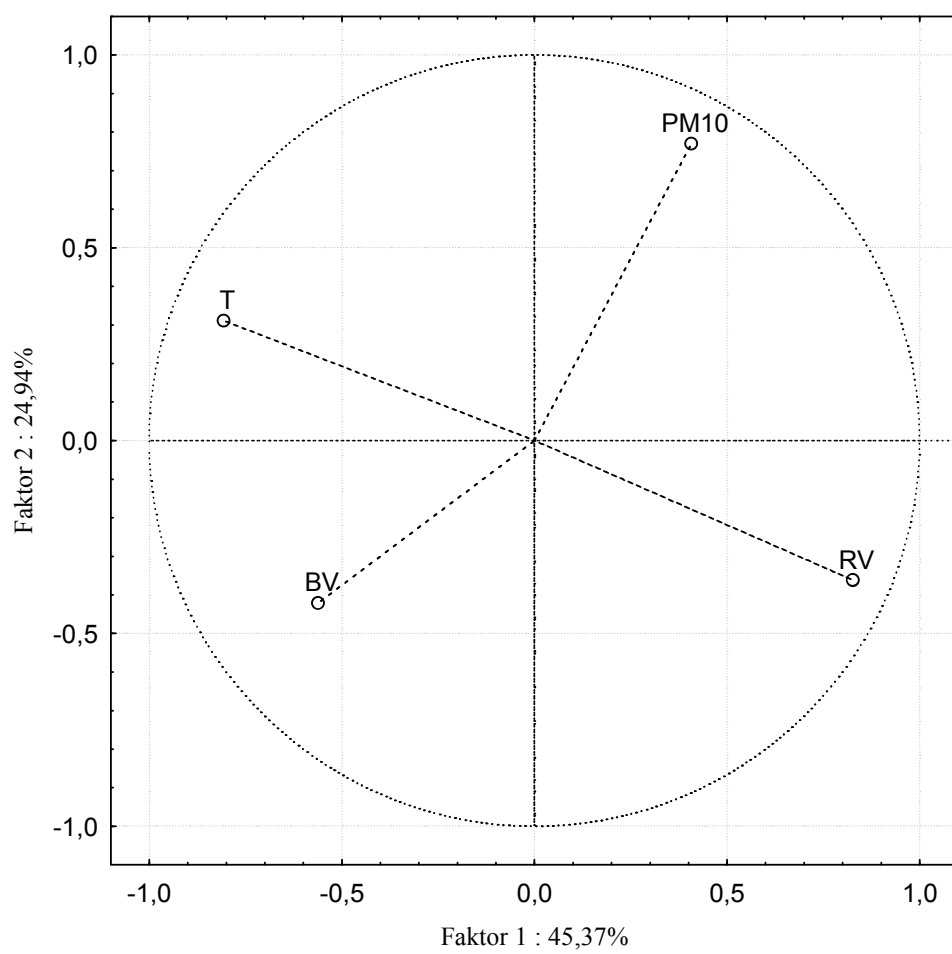
4.1.1 Mjerna postaja Kutina 1



Slika 4.1.1– 1 Box & Whisker dijagram koncentracija PM10, temperature (T), relativne vlage (RV) i brzine vjetra (BV) za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjernoj postaji Kutina 1

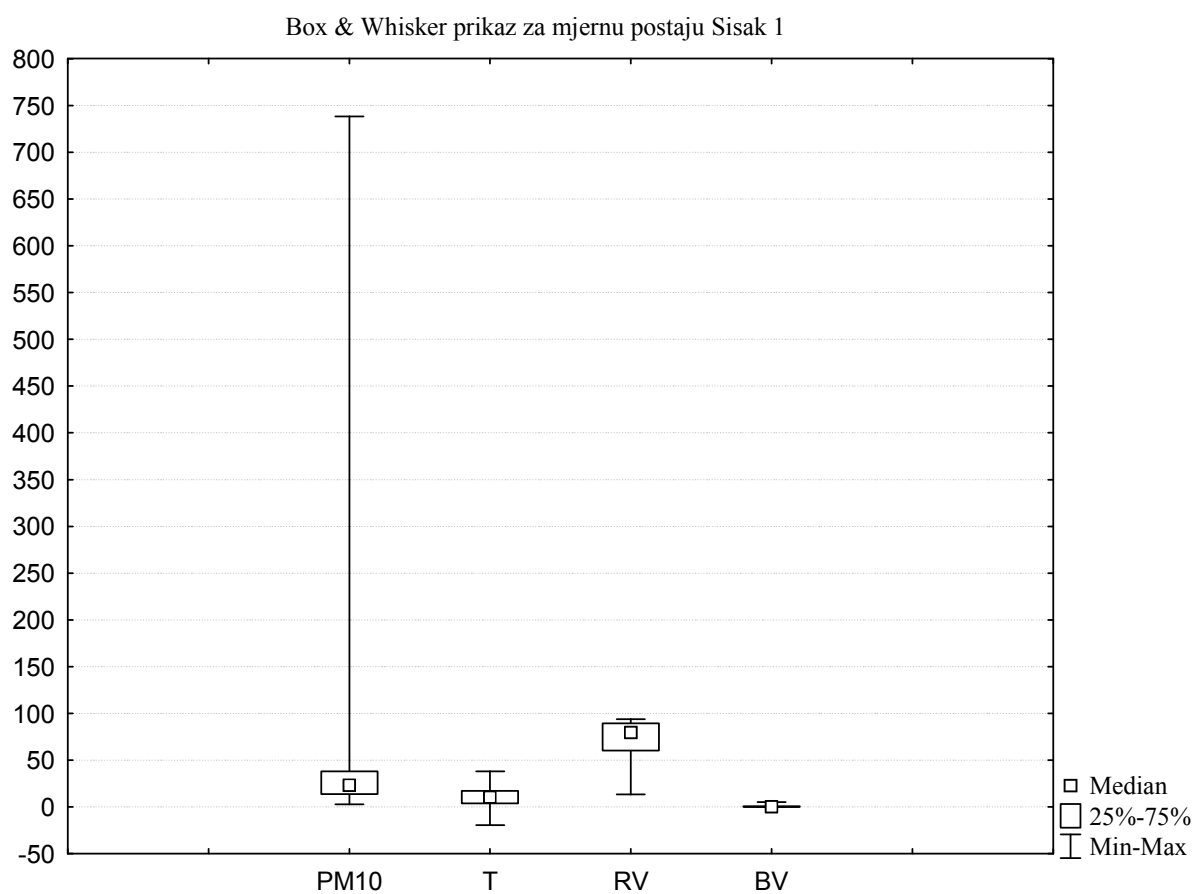
Tablica 4.1.1 – 1 Faktorska opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013. za mjernu postaju Kutina 1 (PM10 – lebdeće čestice, T – temperatura, RV – relativna vlažnosti, BV – brzina vjetra)

Faktorska opterećenja, mjerna postaja Kutina 1				
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Komunaliteti
PM10	0,407099	0,769532	0,479772	0,988090
T	-0,806655	0,311424	-0,298965	0,837057
RV	0,826304	-0,361777	-0,052371	0,816404
BV	-0,561856	-0,421591	0,699828	0,983180
Svojstvene vrijednosti	1,814881	0,997786	0,812063	
Udio varijance	0,453720	0,249446	0,203016	



Slika 4.1.1 – 2 Prikaz faktorskih opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013.
na mjernoj postaji Kutina 1

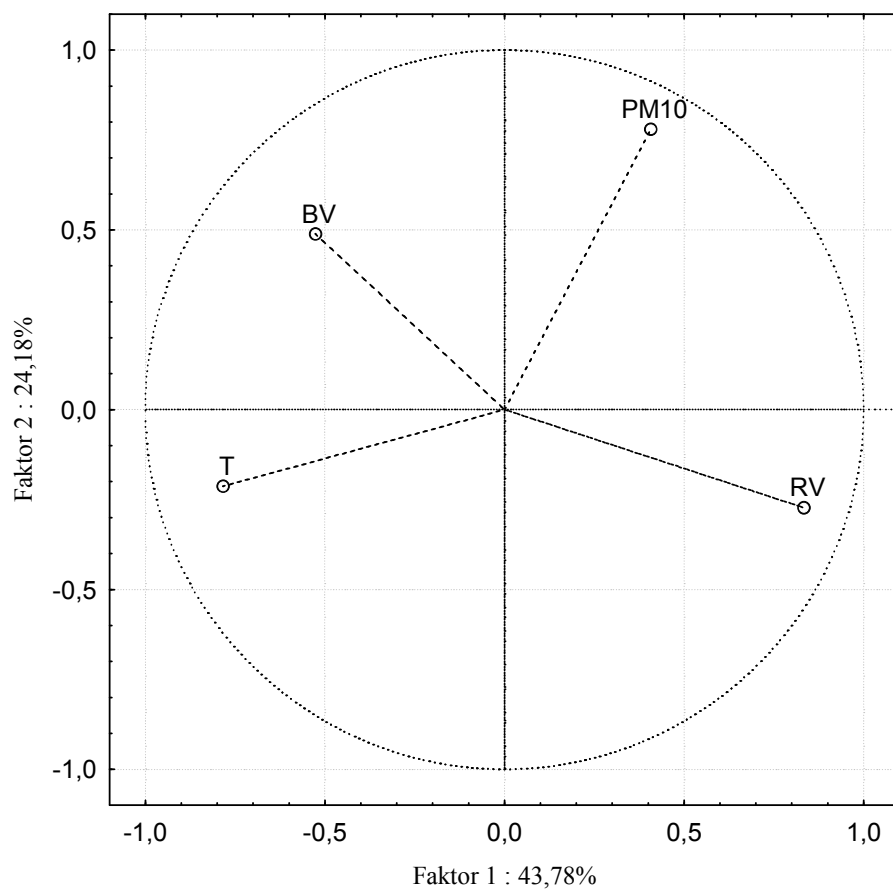
4.1.2 Mjerna postaja Sisak 1



Slika 4.1.2 – 1 Box & Whisker prikaz koncentracija PM10, temperature (T), relativne vlage (RV) i brzine vjetra (BV) za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na području mjerne postaje Sisak 1

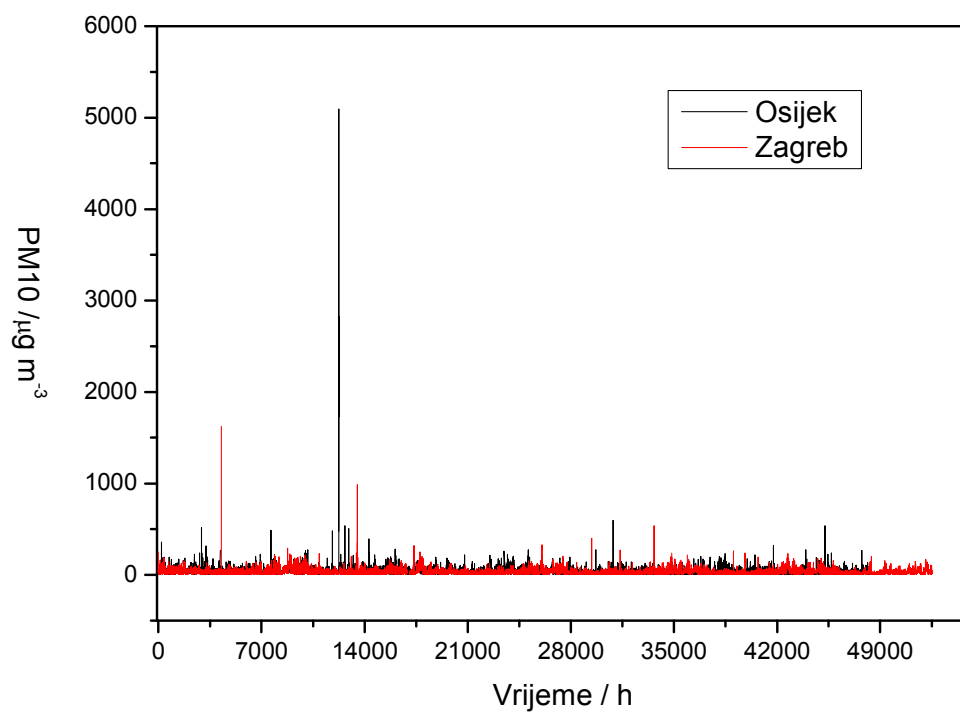
Tablica 4.1.2 – 1 Faktorska opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013. za mjernu postaju Sisak 1 (PM10 – lebdeće čestice, T – temperatura, RV – relativna vlažnosti, BV – brzina vjetra)

Faktorska opterećenja, mjerna postaja Sisak 1				
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Komunaliteti
PM10	0,407299	0,779810	-0,457239	0,983063
T	-0,783611	-0,213302	-0,438989	0,852257
RV	0,833069	-0,272800	0,232548	0,822502
BV	-0,526620	0,488967	0,667450	0,961907
Svojstvene vrijednosti	1,751271	0,967110	0,901348	
Udio varijance	0,437818	0,241778	0,225337	



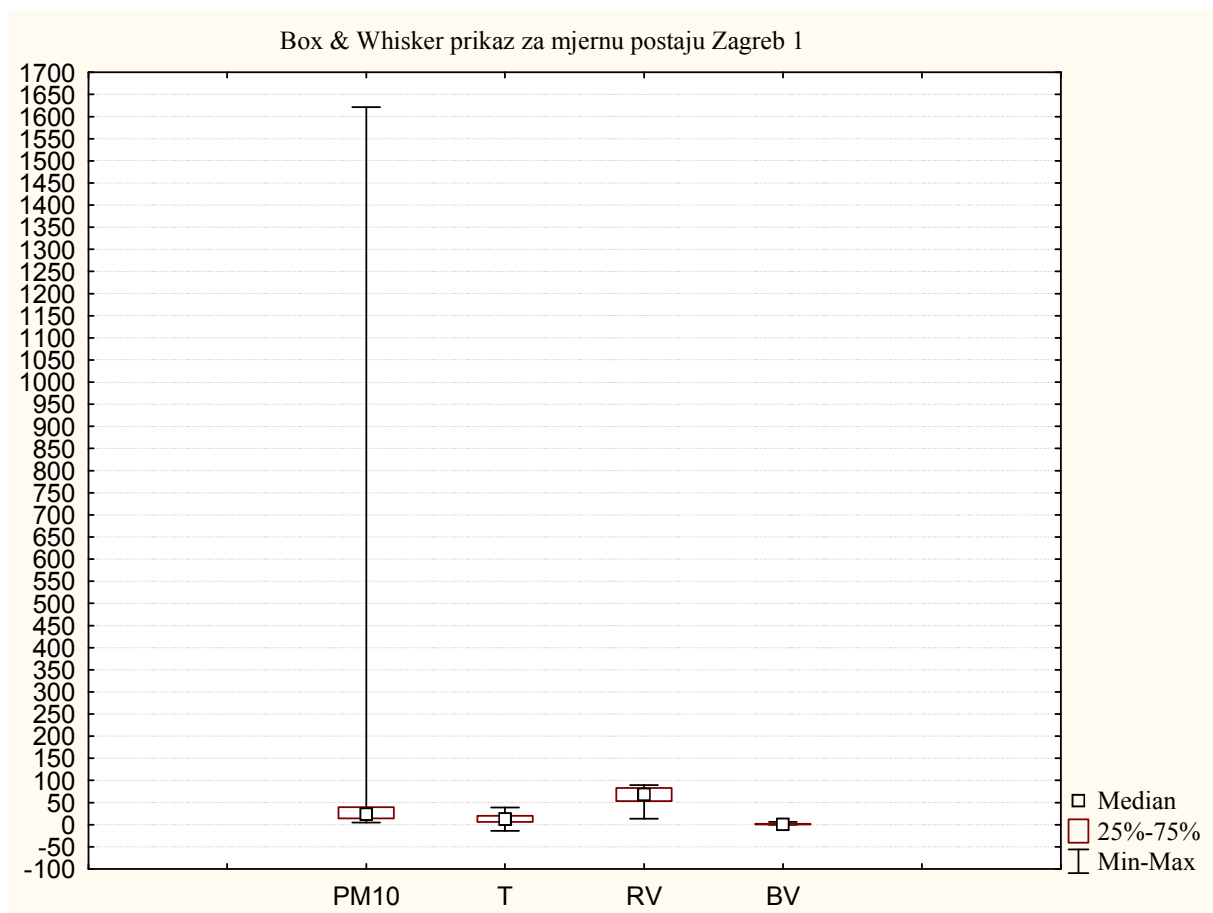
Slika 4.1.2 – 2 Prikaz faktorskih opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013.
na mjernoj postaji Sisak 1

4. 2. Mjerne postaje Zagreb 1 i Osijek 1



Slika 4.2 - 1 Praćenje satne vrijednosti koncentracija PM10 za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjeranim postajama Zagreb 1 i Osijek 1

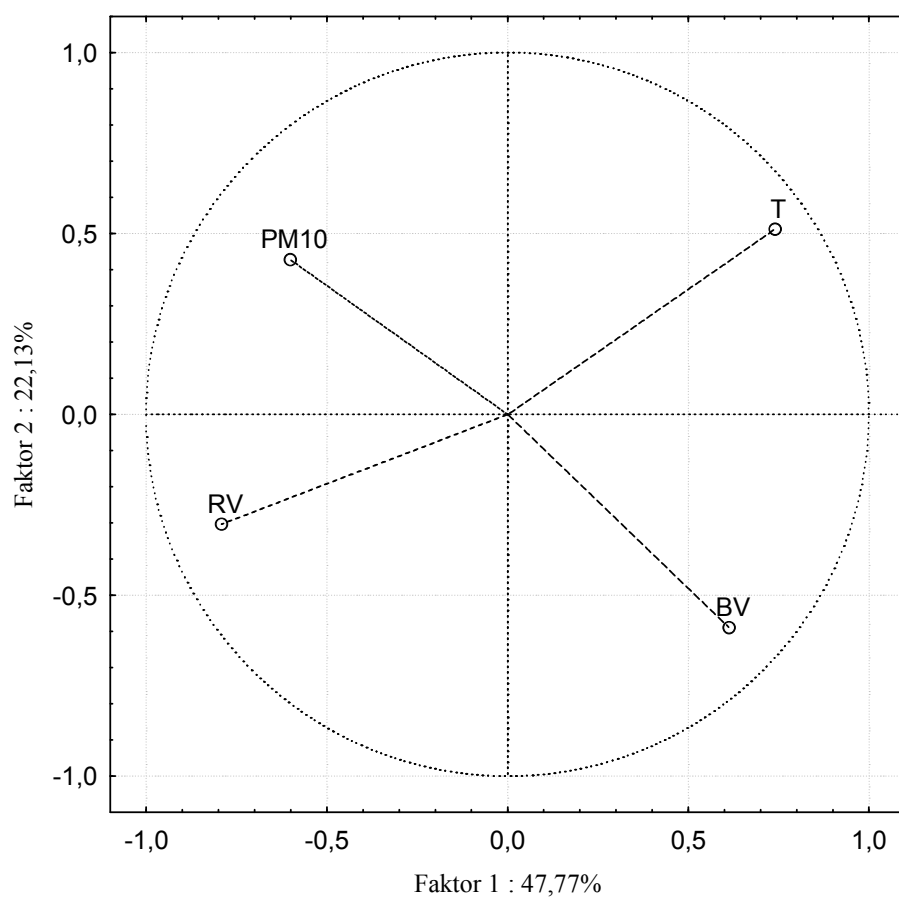
4.2.1 Mjerna postaja Zagreb 1



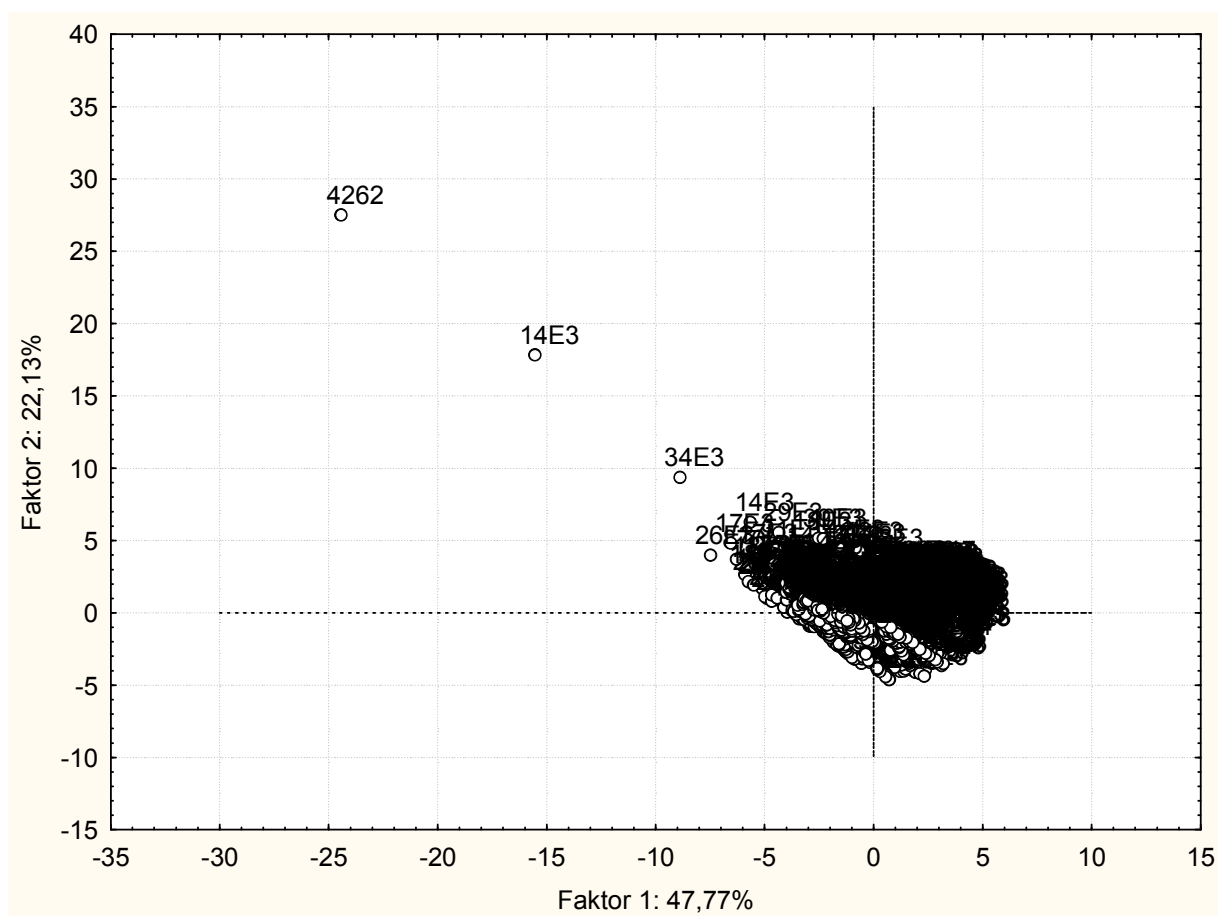
Slika 4.2.1 – 1 Box & Whisker dijagram koncentracija PM10, temperature (T), relativne vlage (RV) i brzine vjetra (BV) za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjernoj postaji Zagreb 1

Tablica 4.2.1 – 1 Faktorska opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013. za mjernu postaju Zagreb 1 (PM10 – lebdeće čestice, T – temperatura, RV – relativna vlažnosti, BV – brzina vjetra)

Faktorska opterećenja, mjerna postaja Zagreb 1				
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Komunaliteti
PM10	-0,600848	0,428112	0,657791	0,976987
T	0,739909	0,511977	-0,189924	0,845657
RV	-0,791319	-0,303423	-0,310887	0,814902
BV	0,613209	-0,589832	0,472510	0,947194
Svojstvene vrijednosti	1,910695	0,885368	0,788677	
Udio varijance	0,477674	0,221342	0,197169	

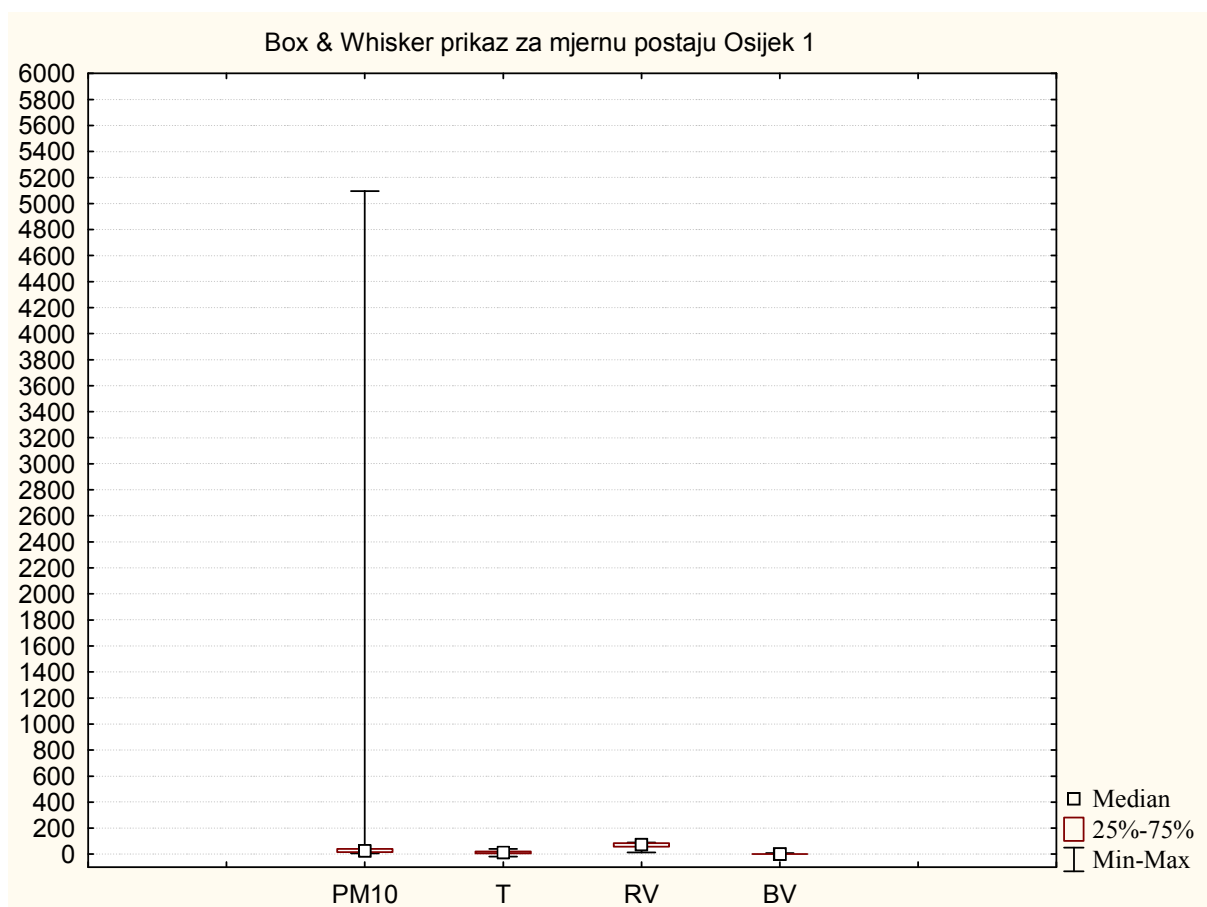


Slika 4.2.1 - 2 Prikaz faktorskih opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjernoj postaji Zagreb 1



Slika 4.2.1 – 3 Prikaz "skora" za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjernoj postaji Zagreb 1

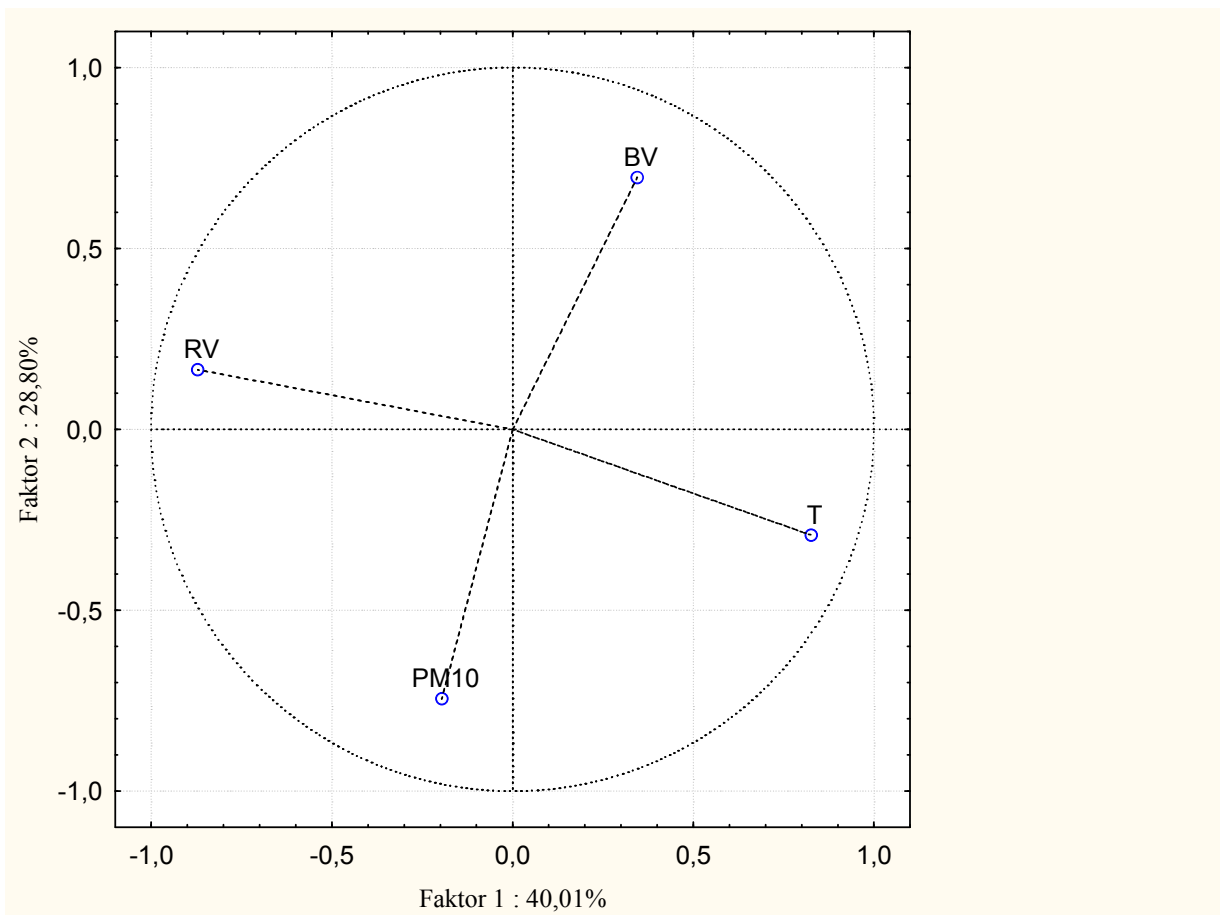
4.2.2 Mjerna postaja Osijek 1



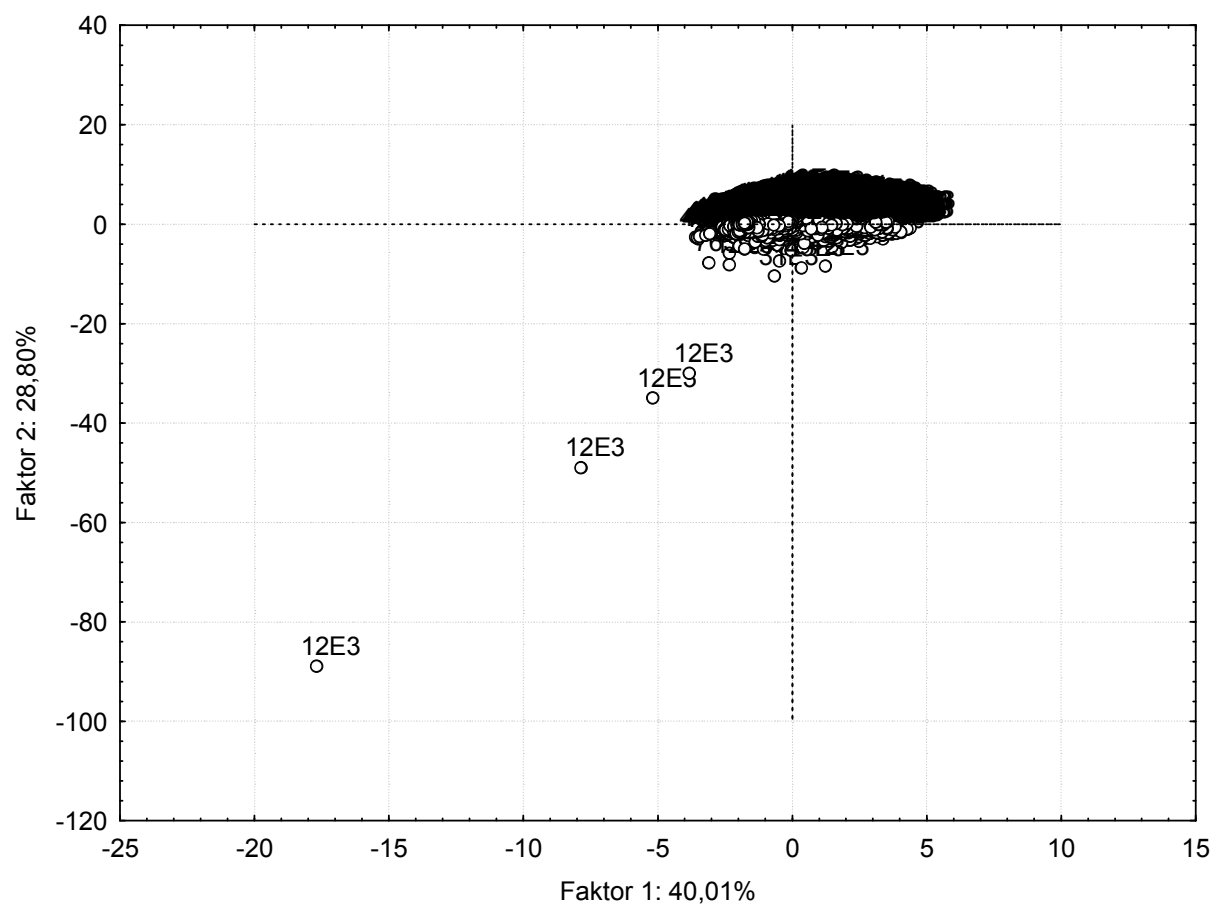
Slika 4.2.1– 1 Box & Whisker dijagram koncentracija PM10, temperature (T), relativne vlage (RV) i brzine vjetra (BV) za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjestu postaji Osijek 1

Tablica 4.2.1 -1 Faktorska opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013. za mjernu postaju Osijek 1 (PM10 – lebdeće čestice, T – temperatura, RV – relativna vlažnosti, BV – brzina vjetra)

Faktorska opterećenja, mjerna postaja Osijek 1				
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Komunaliteti
PM10	-0,196035	-0,744837	-0,632858	0,041551
T	0,826700	-0,292875	0,224282	0,318741
RV	-0,871549	0,165014	0,113822	0,340534
BV	0,344752	0,695934	-0,609931	0,082690
Svojstvene vrijednosti	1,600315	1,152111	0,835783	
Udio varijance	0,400079	0,288028	0,208946	

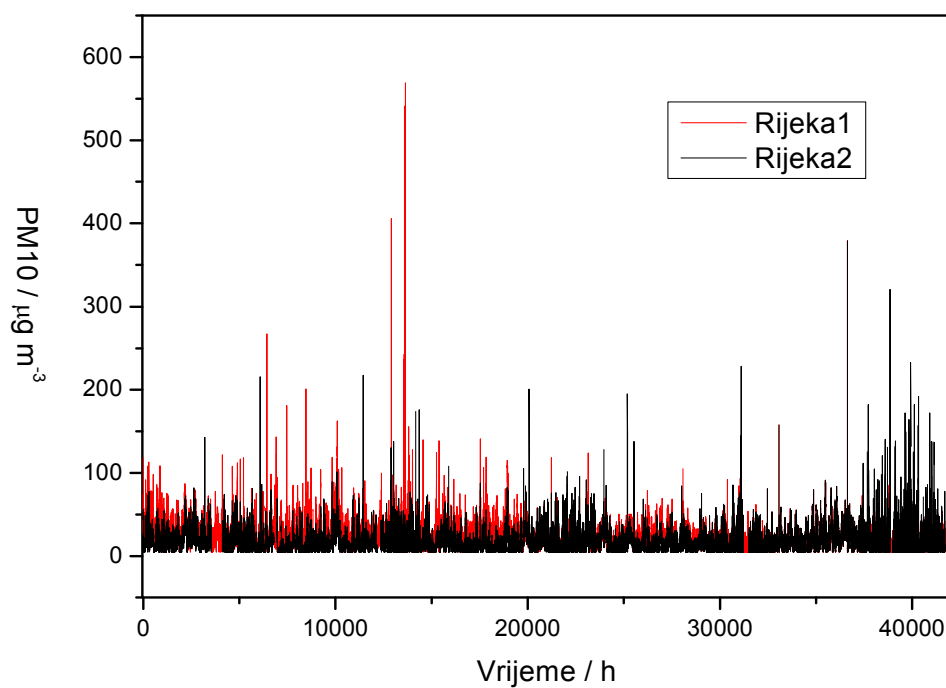


Slika 4.2.2 - 2 Prikaz faktorskih opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjernoj postaji Osijek 1



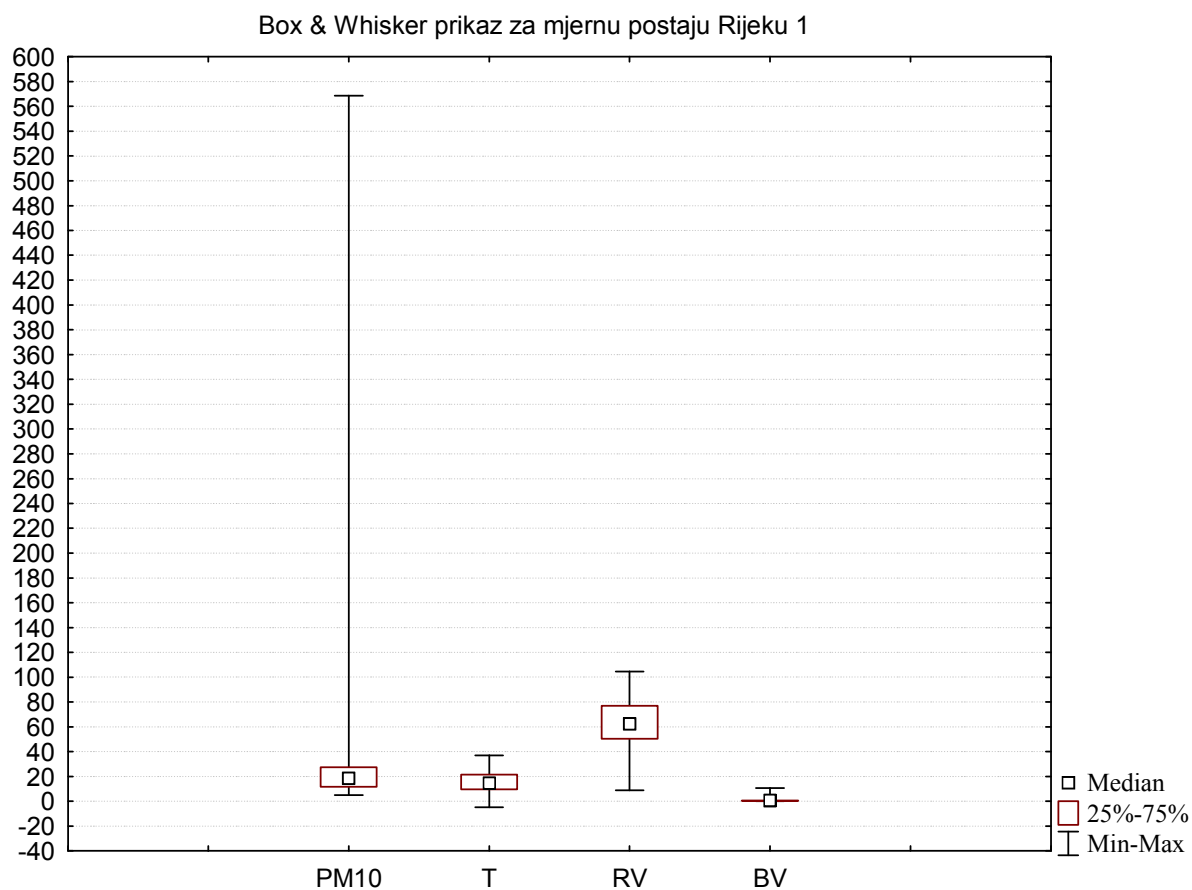
Slika 4.2.1 – 3 Prikaz "skora" za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjernoj postaji Osijek 1

4.3 Mjerne postaje Rijeka 1 i Rijeka 2



Slika 4.3 - 1 Praćenje satne vrijednosti koncentracija PM10 za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjeranim postajama Rijeka 1 i Rijeka 2

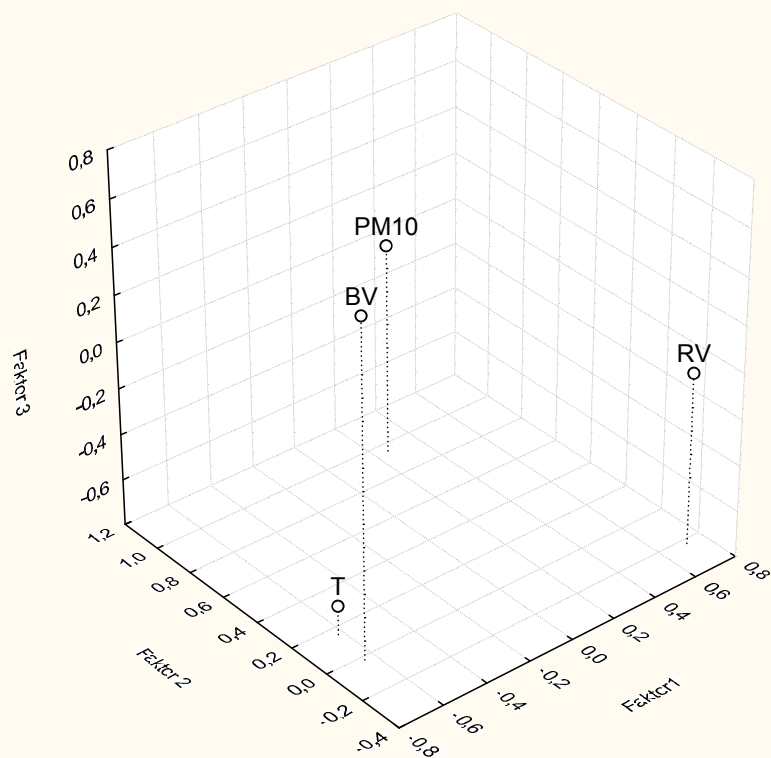
4.3.1 Mjerna postaja Rijeka 1



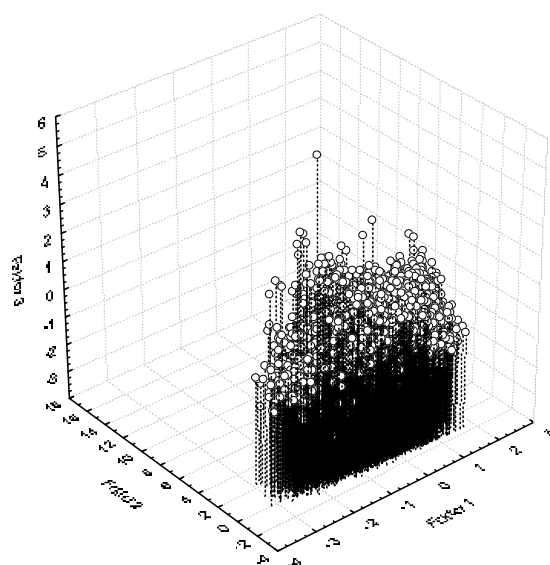
Slika 4.3.1– 1 Box & Whisker dijagram koncentracija PM10, temperature (T), relativne vlage (RV) i brzine vjetra (BV) za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjernoj postaji Rijeka 1

Tablica 4.3.1 – 1 Faktorska opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013. za mjernu postaju Rijeka 1 (PM10 – lebdeće čestice, T – temperatura, RV – relativna vlažnosti, BV – brzina vjetra)

Faktorska opterećenja, mjerna postaja Rijeka 1				
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Komunaliteti
PM10	0,258397	0,953861	0,112099	0,989185
T	-0,622997	0,156745	-0,674550	0,867711
RV	0,719343	-0,225300	-0,052807	0,571003
BV	-0,645031	-0,020535	0,637523	0,822922
Svojstvene vrijednosti	1,388413	0,985601	0,876807	
Udio varijance	0,347103	0,246400	0,219202	

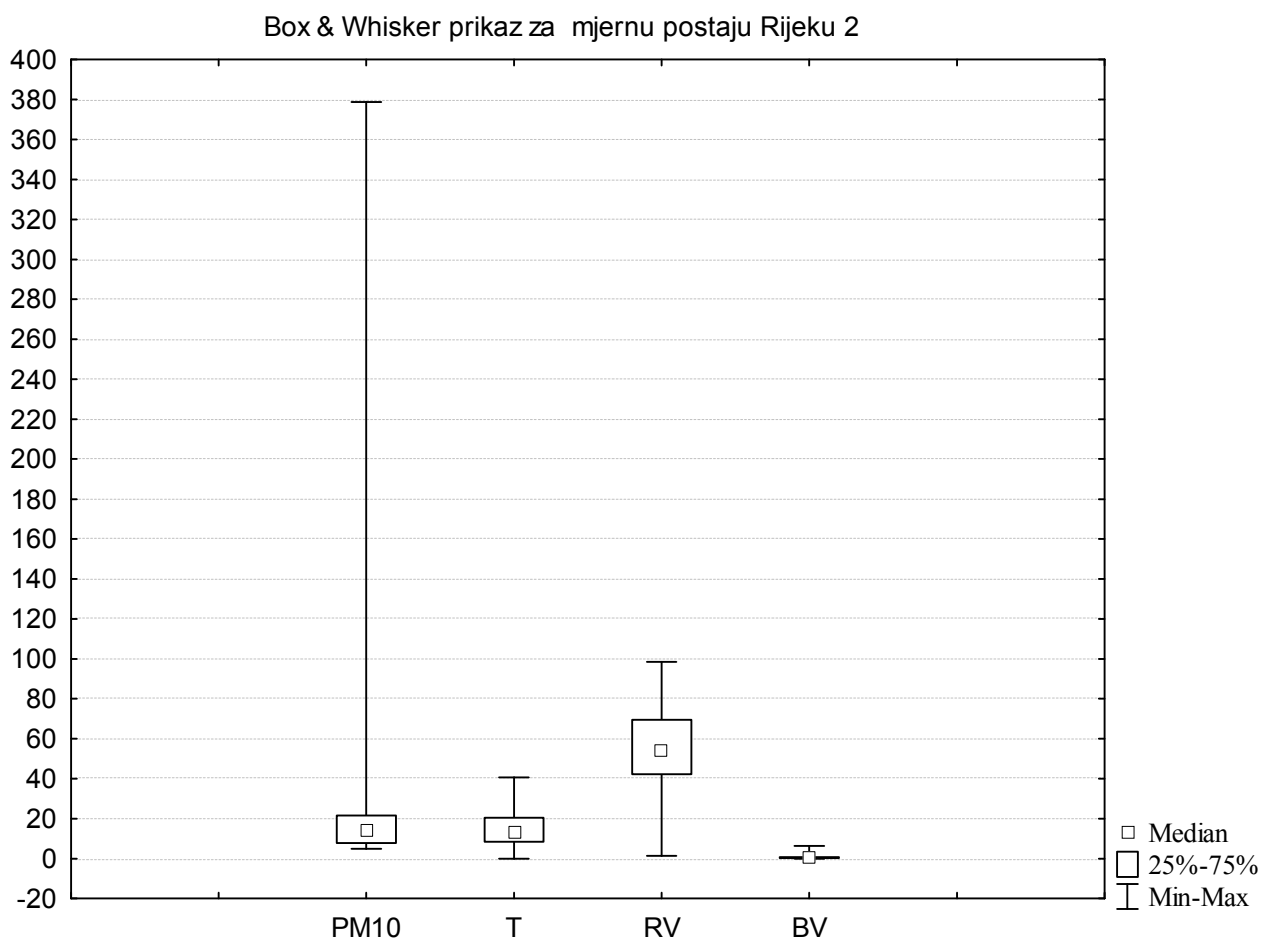


Slika 4.3.1 – 2 Prikaz faktorskih opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjernoj postaji Rijeka 1



Slika 4.3.1 – 3 Prikaz "skora" za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjernoj postaji Rijeka 1

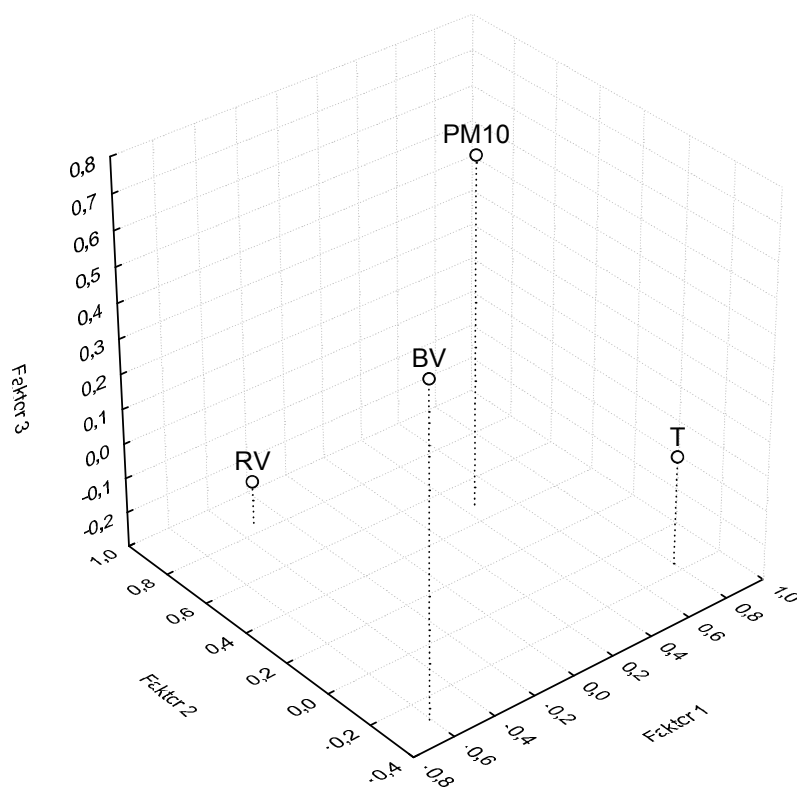
4.3.2 Mjerna postaja Rijeka 2



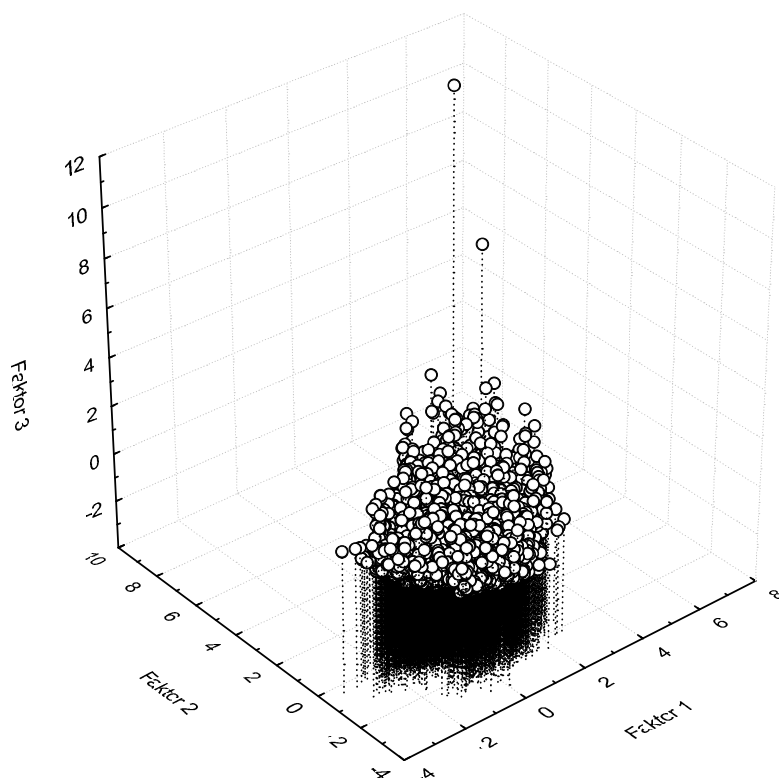
Slika 4.3.2– 1 Box & Whisker dijagram koncentracija PM10, temperature (T), relativne vlage (RV) i brzine vjetra (BV) za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjestu postaji Rijeka 2

Tablica 4.3.2 – 1 Faktorska opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013. za mjernu postaju Rijeka 2 (PM10 – lebdeće čestice, T – temperatura, RV – relativna vlažnosti, BV – brzina vjetra)

Faktorska opterećenja, mjerna postaja Rijeka 2				
	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Komunaliteti
PM10	0,457605	0,483073	0,701836	0,935335
T	0,799220	-0,162134	0,013396	0,665219
RV	-0,315268	0,850359	-0,176656	0,853712
BV	-0,605589	-0,291642	0,639979	0,861366
Svojstvene vrijednosti	1,314287	1,067813	0,933533	
Udio varijance	0,328572	0,266953	0,233383	



Slika 4.3.2 – 2 Prikaz faktorskih opterećenja za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjernoj postaji Rijeka 2



Slika 4.3.2 – 3 Prikaz "skora" za period siječanj 2007. – siječanj 2013. na mjernoj postaji Rijeka 2

4.4 Značajni periodi (u danima) i vrijednosti njihovih intenziteta pronađeni uz pomoć Fourierove analize

Tablica 4.4 - 1 Rezultati metode Fourierove analize primijenjene na koncentracije PM10. U zagradama je naznačen broj dana koji odgovara statističkim značenju maksimuma.

Kutina 1		Sisak 1		Zagreb 1		Osijek		Rijeka 1		Rijeka 2	
Period	Vrijednosti periodograma	Period	Vrijednosti periodograma	Period	Vrijednosti periodograma	Period	Vrijednosti periodograma	Period	Vrijednosti periodograma	Period	Vrijednosti periodograma
9362,29 (390 dana)	2947645	9362,29 (390 dana)	1530983	9362,286 (390 dana)	2059129	1092,27 (46 dana)	434630,6	8192,000 (341 dana)	108713,2	24,01 (24 sata)	162303,1
8192,00 (341 dan)	1941800	8192,00 (341 dan)	1089079	8192,000 (341 dan)	1918682	7281,78 (303 dana)	409010,2	23,997 (24 sata)	102227,1	10922,67 (455 dana)	110040,6
12,00 (12 sati)	839657	32768,00 (1365 dana)	454368	12,001 (12 sati)	528649	3640,89 (152 dana)	336059,0	12,001 (12 sati)	98603,8	32768,00 (1365 dana)	70439,0
1872,46 (78 dana)	544066	7281,78 (303 dana)	322756	2259,862 (94 dana)*	252014	1872,46 (78 dana)	309044,1	24,068 (24 sata)	82080,6	23,99 (24 sata)	67862,3
6553,60 (273 dana)	467063	12,00 (12 sati)	321882	11,999 (12 sati)	237503	9362,29 (390 dana)	289298,3	1560,381 (65 dana)	70280,4	24,00 (24 sata)	60308,6
2978,91 (124 dana)*	420071	3120,7 (130 dana)	303116	4369,067 (182 dana)*	207308	13107,20 (546 dana)	247317,0	9362,286 (390 dana)	67139,6	712,35 (30 dana)	47159,1
1129,93 (47 dana)	324392	24,07 (24 sata)	261968	1092,267 (46 dana)	188735	1057,03 (44 dana)	246519,5	1927,529 (80 dana)	63029,4	21845,33 (910 dana)	43142,4
1092,27 (45 dana)	313480	2259,86 (94 dana)*	234421	520,127 (22 dana)	177183	2849,39 (119 dana)*	233938,7	1092,267 (46 dana)	61537,9	65536,00 (2730 dana)	42206,0
12,00 (12 sati)	295223	2978,91 (124 dana)*	211238	1927,529 (80 dana)	168873	8192,00 (341 dana)	210544,7	11,999 (12 sati)	61472,3	417,43 (18 dana)	40033,2
10922,67 (455 dana)	287485	3640,89 (152 dana)	202473	168,041 (7 dana)	161217	32768,00 (1365 dana)	189553,2	24,006 (24 sata)	57449,8	468,11 (20 dana)	35819,2

5. DISKUSIJA EKSPERIMENTALNOG DIJELA RADA

Rezultati prosječnih godišnjih vrijednosti koncentracija PM10 čestica prikazanih na slici 4-1 pokazuju zamjetan trend opadanja tijekom perioda od siječnja 2007. do siječnja 2013. godine na postajama Rijeka 1 ($R^2 = -0,80$), Osijek 1 ($R^2 = -0,72$), Zagreb 1 ($R^2 = -0,72$), Kutina 1 ($R^2 = -0,74$), dok je na postaji Sisak 1 trend znatno manji ($R^2 = -0,334$), a na postaji Rijeka 2 ($R^2 = -0,012$) zanemarivo mali. Slično ponašanje, tj. negativan trend, zabilježeno je na području grada Rijeke.[1] U cilju potpunijeg uvida u vrijednosti svih praćenih varijabli, koje će biti podvrgnute metodi analize glavnih komponentata, načinjeni su i distribucijski dijagrami (Box & Whisker), tj. rezultati osnovne statistike, a prikazani na slikama 4.1.1 – 1, 4.1.2 – 1, 4.2.1 – 1, 4.2.1 – 1, 4.3.1 – 1 i 4.3.2 – 1.

Rezultati provedene analize glavnih komponentata prikazani u tablicama (4.1.1 – 1 do 4.3.2 – 1) ukazuju na to da su vrijednosti najvećih faktorskih opterećenja ($\geq 0,7$) smještene na prvoj komponenti, međutim te se vrijednosti uglavnom odnose na meteorološke varijable (temperatura, relativna vlaga ili brzina vjetra). Budući da prva glavna komponenta (F1) "nosi" u svim slučajevima najveći dio varijance ($\approx 50\%$), moguće je zaključiti da su meteorološke varijable odgovorne za najveći udio varijacija u podacima.

Faktorska opterećenja koncentracija PM10 s vrijednostima $\geq 0,7$, ali bez nekih značajnih korelacija s drugim varijablama, vidljiva su tek na drugoj glavnoj komponenti (F2) koja u sebi uključuje znatno manji dio informacija od prve ($\approx 20 - 28\%$). Iznimku čini mjerna postaja Rijeka 2 gdje su rezultati provedene analize glavnih komponentata ukazali na potpuno drugu vrstu korelacija u odnosu na ostale mjerne postaje u Republici Hrvatskoj, ali i na njoj najbližu mjernu postaju smještenu u centru grada Rijeke (Rijeka 1). Na neki način iznimku čini i mjerna postaja Osijek 1 gdje su na drugoj komponenti vidljive vrijednosti značajnijih faktorskih opterećenja koje upućuju na značajnu negativnu korelaciju između koncentracija PM10 i brzine vjetra.

Slikovni prikazi rezultata provedene analize glavnih komponentata (slike 4.1.1 – 2, 4.1.1-3, 4.1.2 – 2, 4.1.2 – 3, 4.2.1 – 2, 4.2.2 – 3, 4.2.2 – 2, 4.2.2 – 3, 4.3.1 -2, 4.3.2 – 3, 4.3.2 – 2, 4.3.2 - 3) na

jednostavan način prikazuju međusobne korelacije praćenih varijabli. U većini slučajeva, s iznimkom mjerne postaje Rijeka 2, rezultati analize glavnih komponenata ukazali su na postojanje pozitivnih korelacija između koncentracija PM10 i relativne vlage, negativnih korelacija između koncentracije PM10 i temperature, kao i postojanje negativnih korelacija između koncentracija PM10 i brzine vjetra. Iznenadjujući je podatak da je samo na nekoliko kilometara udaljenoj mjernoj postaji Rijeka 2 situacija u potpunosti drugačija. Faktorska opterećenja i međusobne korelacije pokazale su se ipak značajnim, ali tek na trećoj glavnoj komponenti (F3) koja nosi najmanji dio ukupne informacije u podacima (23,3%). Pozitivna korelacija između koncentracija različitih onečišćivača zraka može ukazivati na transport iz udaljenih dijelova. [3,4,11,14,16,18,19 i 20]

Suprotno tome, negativne korelacije između koncentracija onečišćivača i brzine vjetra mogu ukazivati, npr. na anticiklonalne uvjete, odnosno zaključak da je povećanje koncentracije povezano sa smanjenjem brzine vjetra, tj. da je nakupljanje onečišćivača uslijedilo zbog dugotrajnog perioda bez vjetra. Stoga je bilo kakvo povezivanje koncentracije PM10 s graničnim ili prekograničnim transportom isključeno, te se nameće zaključak da je povećanje koncentracija PM10 česticama u ovim slučajevima povezano s događajima na lokalnom nivou (promet, industrija, procesi sagorijevanja itd).

Ne možemo sa sigurnošću donositi zaključke o uzrocima koji su doveli do toga da se na mjernoj postaji Rijeka 2 koncentracije PM10 povećavaju s brzinom vjetra. Naime, mjerna postaja smještena u blizini autoputa (A7) relativno je daleko od industrije i gradskog prometa u relativno slabo naseljenom dijelu grada (klasifikacija mjerne postaje: gradska pozadinska/prigradska). Složenost situacije pokazuje i činjenica da su koncentracije nešto niže od koncentracija PM10 na mjernoj postaji Rijeka 1 koja je po klasifikaciji urbana, a i činjenica da u Republici Hrvatskoj trenutno ne postoje dugotrajna mjerenja PM10 na ruralnim postajama, što bi znatno pomoglo u utvrđivanju uzroka nastanka ovakvih, potpuno drugačijih, korelacija.

Budući da depozicije PM10 čestica dolaze znatno brže od PM2,5, stoga je i njihov transport na duže relacije manje moguć, pa su povišene koncentracije PM10 ograničene uglavnom na gradska ili industrijska područja.

Općenito, koncentracije PM10 su veće u gradovima zbog lokalne emisije od onih na ruralnim postajama.

Mjerne je podatke moguće prikazati nakon provedene metode analize glavnih komponenata u prostoru glavnih komponenata F1/F2 ili F1/F2/F3 (prikaz "skorova" glavnih komponenata), a u kombinaciji s prikazima faktorskih opterećenja za svaku promatranu mjernu postaju. U takvim je prikazima moguće uočiti vremenske uzroke čija je posljedica pojava podataka koji se u potpunosti izdvajaju od većine ostalih. Radi lakšega praćenja rezultata analize glavnih komponenata, navest će se primjer dvije izdvojene točke. Tako se, na primjer, izdvojene visoke vrijednosti koncentracija PM10 na točkama 6067 i 6068 na mjernoj postaji Kutina 1 (slika 4.1.1 - 3) mogu dovesti u vezu s ekstremnijim uvjetima tijekom godina. Usporedbom slika faktorskih opterećenja i "skorova" glavnih komponenata (slika 4.1.1 – 2 i slika 4.1.1 - 3) postaje vidljivo da su to bili periodi visoke relativne vlage, iznimno male brzine vjetra i niske temperature. Isto vrijedi za Sisak 1 (točke 1559, 1563 i 8096), Zagreb 1 (točka 4262) i Osijek 1 (točka 12E3).

Zbog velikog broja redaka u matrici podataka (satne vrijednosti u rasponu od siječnja 2007. do siječnja 2013.) i četiriju praćenih varijabli, iz ovako iznimno velike matrice podataka ne bi bilo moguće donijeti značajnije zaključke bez upotrebe kemometričkih metoda. Stoga je upotreba metode analize glavnih komponenata, koja je jedna od najčešće primjenjivanih kemometričkih metoda, od iznimne važnosti u svim slučajevima u kojima se radi o obradi iznimno velikog broja podataka (spektroskopija i slično).

Preliminarna obrada podataka koncentracija PM10 uz pomoć jedne od metoda vremenskih serija, metode Fourierove analize, pridonijela je razumijevanju periodičnosti i dala nam informacije o vremenskim i prostornim skalama do tada skrivenih pojava. Između prostornih i vremenskih skala postoji jak međuodnos, pa se u tom smislu kratkotrajne promjene koncentracije zagađivača zraka pripisuju događajima na lokalnom nivou (lokalna emisija, lokalna disperzija). Sezonske će promjene u emisiji i transport iz udaljenih dijelova, pak, doprinositi pojavi maksimuma pri većim vremenskim periodima.[16, 18, 19, 20, 21]

Ovaj se rad bavi primjenom Fourierove analize na podatke vremenske serije PM10 koncentracije dobivene od Ministarstva zaštite okoliša i prirode (Državna mreža za trajno praćenje kvalitete

zraka). U pokušaju otkrivanja skrivenih ciklusa u podacima upotrebom metode Fourierovih transformacija, analizirani su podatci prikupljeni sa šest mjernih postaja. Iako je rezultate Fourierove analize uobičajeno prikazivati grafički u obliku periodograma, zbog lakše usporedbe dobivenih rezultata u ovom su radu prikazani tablično. U tablici 4 – 1 prikazani su rezultati nakon provedene Fourierove analize za sve postaje. Rezultati su prikazani tablično, na način da su najvažniji periodi i njihovi intenziteti poredani po padajućoj vrijednosti. Rezultati provedene Fourierove analize ukazuju na postojanje izraženog uobičajenog, poludnevnog i dnevnog ciklusa na većini postaja, osim u Osijeku 1 jer se takvo ponašanje u literaturi pripisuje uglavnom promjenama na lokalnom nivou (emisije iz prometa i promjenama brzine vjetra). [3, 4, 21]

Međutim, neki drugi ciklusi, kao što su petodnevni ili sedmodnevni, a koje se u literaturi najčešće povezuje s antropogenim utjecajima (promet, week day/weekend effect), nisu pronađeni niti na jednoj mjernoj postaji, osim na mjernoj postaji Zagreb 1 (sedmodnevni).

Na većini promatranih lokacija, s ponovnim izuzetkom mjerne postaje Rijeka 2, kao najznačajniji i po intenzitetu najveći ciklus pojavio se onaj – jednogodišnji koji se povezuje sa sezonom grijanja. Na mjernoj postaji Osijek 1 on je nešto manje izražen pri čemu se kao najvažniji pokazao 46 –dnevni.

Općenito gledajući, pronađeni periodi kretali su se od 18, 20, 44, 45, 46, 47, 65, 78, 94, 124, 273.... do 1365 dana.

Postojanje maksimuma pri periodima od 7 do 44 dana usko je povezano s meteorološkim utjecajima, a za nizinske europske postaje karakteristični su periodi od 20 do 32 dana za meteorološke varijable temperature, relativne vlage i tlaka zraka.[21, 22]

Jednogodišnji ciklus koncentracija PM10 jednostavno je objašnjiv sezonom grijanja i poznat je u literaturi.[1-12]

Međutim, pri objašnjenju prirode ostalih maksimuma potreban je izniman oprez, prvenstveno zbog moguće pojave lažnih maksimuma. Najveći je uzrok pojave lažnih maksimuma nejednaka učestalost uzorkovanja. Međutim, u ovom je slučaju ta mogućnost isključena jer se uzorkovanje obavljalo svakih sat vremena.

Druga mogućnost mogla bi proizlaziti iz sinusne funkcije pri čemu se takvi lažni maksimumi pojavljuju uobičajeno pri 3, 4 i 6 mjeseci, stoga su u tablici 4.4 – 1 naznačeni zvjezdicom.[21, 22]

Pojava maksimuma pri 6, 4 i 3 mjeseca objašnjena je u radu koji se bavio praćenjem višegodišnjih koncentracija ozona, a pripisan je frekvencijama drugog, trećeg i četvrtog harmonika osnovnog jednogodišnjeg maksimuma. [21]

Opaženi periodi u podacima koncentracije PM10 mogu imati različite uzroke zbog različitih geografskih duljina i širina, antropogenih utjecaja, vrste mjerne postaje, ali i zbog utjecaja različitih pojava cirkulacija u atmosferi. Nadasve, pažljiviji uvid u tablicu 4.4 -1 otkriva nam jednu novu, iznenađujuću činjenicu o postojanju još nekih novih (moguće) lažnih ciklusa. Iako međusobno udaljene mjerne postaje posjeduju naoko različite cikluse, kao npr. Kutina 1 (455 dana) i Rijeka 2 (910 dana), jednostavnim množenjem 455×2 dolazimo do broja 910, stoga je diskutabilno pretpostaviti da bi navedeni ciklusi imali veze s nečim drugim, osim s algoritmom Fourierovih transformacija.

U cilju dobivanja točnih informacija o prirodi ciklusa pri većim periodima, u nastavku daljnjih istraživanja bit će nužno Fourierovom analizom obraditi meteorološke varijable, eliminirati moguću pojavu lažnih maksimuma i moguće posljedice algoritma, a podatke razdijeliti na manje periode, po pojedinim godinama ili godišnjim dobima.

6. METODIČKI DIO

MINI PROJEKT: Svjetski dan zaštite okoliša

Uputa za nastavnika

Svjetski dan zaštite okoliša obilježava se svake godine 5. lipnja na godišnjicu održavanja Konferencije Ujedinjenih naroda u Stockholmu (1972.) posvećene okolišu, na temelju koje je pokrenut Program zaštite okoliša Ujedinjenih naroda (UNEP). Obilježavanjem se želi potaknuti građane da postanu aktivni dionici održivog i ravnomjernog razvitka te da preuzmu odgovornost za očuvanje planeta poimajući da je uloga lokalnih zajednica ključna za razumijevanje važnosti pitanja zaštite okoliša i ostvarenja sigurnije i prosperitetnije budućnosti za sve.

Razvoj i napredak čovječanstva uzima svoj danak u uništavanju okoliša i zagađivanju vode, tla i zraka. Zbog toga svakodnevno nestaju i izumiru mnoge biljne i životinjske vrste. Sve je očitiije da je potrebno pronaći mjeru u odnosu između razvoja i napretka društva i zaštite okoliša. Preko 90 % otpada može se uspješno reciklirati. Kada bi se ljudi odgovorno ponašali i razdvajali staklo, plastiku, papir, metal, tkaninu, elektronički i organski otpad i odlagali ga na za to predviđena mjesta, problem otpada bi bio sve manji problem. Posljednjih godina obilježavanje Svjetskog dana zaštite okoliša postalo je sve značajniji način podizanja svijesti u cijelom svijetu o nužnosti uvrštavanja pitanja zaštite okoliša među najvažnije probleme današnjeg društva. Provede se mnoge aktivnosti diljem svijeta kojima se štiti okoliš kao što su educiranje stanovništva o značaju okoliša u našim životima, sadnja što više zelenila, pošumljavanje, čišćenje gradova i prirode, recikliranje otpada.

Ciljevi obilježavanja Svjetskog dana zaštite okoliša su:

- potaknuti ljude da razmišljaju o važnosti okoliša,
- osnažiti ljude da postanu aktivni čimbenik održivog razvoja,

- promicati svijest da se stavovi prema pitanjima okoliša moraju razvijati unutar lokalnih zajednica,
- zastupati partnerstvo koje će osigurati da svi narodi imaju sigurniju i bolju budućnost.

Ovogodišnji Svjetski dan zaštite okoliša Agencija za zaštitu okoliša obilježila je pokretanjem portala "Kvaliteta zraka u Republici Hrvatskoj" koji sadrži podatke o koncentracijama onečišćujućih tvari u zraku izmjenjenih na području Republike Hrvatske. Portal sadrži i podatke Državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka kojom upravlja Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ).

Svjetski dan zaštite okoliša svake se godine odvija pod nekim motom što je ujedno i poziv na konkretnu akciju svima te buđenje svijesti stanovništva planete Zemlje. Moto 2012. godine u Hrvatskoj bio je "Čisti zrak, a ne rak".

Prijedlog učeničkoga mini-projekta

S obzirom da su učenici sedmog razreda već dosta naučili o zraku i zagađenju prirode, produbili su stečena znanja aktivnom primjenom kroz zadatke mini projekta sa ciljem da svojim kolegama probude svijesti o očuvanju okoliša i utjecaja ljudskog djelovanja na prirodu.

Priprema za izvođenje nastavnoga sata

Prethodno potrebna znanja, vještine i sposobnosti učenika	- poznavati sastav i svojstva zraka, - poznavati osnovna fizikalna svojstva zraka, - poznavati osnovna kemijska svojstva kisika, - poznavati glavne sastojke zraka, - dobivanje i primjenu kisika, - poznavati osnovna fizikalna svojstva atmosfere, - odnosi između koncentracije ugljikova dioksida u zraku i prosječne temperature Zemljine površine, - alotropska modifikacija kisika (ozon), - gorenje i produkti gorenja,
Ciljevi mini projekta	Glavni cilj: razvijati svijest o važnosti zraka za očuvanje prirode. Podciljevi: - uvođenje u istraživanje i vježbanje primjene znanstvenih metoda (omogućiti samostalno i točno izvođenje pokusa i praktičnih radova, vježbanje opisivanja rezultata opažanja i tumačenja pojava na temelju usvojenih teorija i modela), - razvijanje umijeća sigurnoga i urednoga rukovanja kemijskim priborom i kemikalijama, - vježbanje prikazivanja rezultata pokusa (mjerjenja) tablicama i grafikovima, - razvijanje sposobnosti opisivanja učenih pojava (promjena), - razvijati i njegovati kritičko mišljenje i zaključivanje na temelju opažanja i postavljanja pitanja koja potiču raspravu, - pružiti mogućnost za suradničko učenje i navikavanje na zajednički rad - razvijanje ekološke svijesti i odgovornosti prema radnom i životnom okruženju, - utvrditi stečena znanja o kemijskom sastavu zraka.
Ishodi učenja	1. KOGNITIVNI: - utvrditi sastav i svojstva zraka te usvojiti biološke vrijednosti zraka, - znati primijeniti svoja znanja o zraku i utvrditi ih u izvođenju pokusa, - znati pokusom dokazati da izdahnuti zrak sadrži više ugljikova dioksida i vodene pare od svježega zraka, - poznavati uvjete pri kojima može doći do požara, - poznavati temeljne načine gašenja požara. 2. AFEKTIVNI: - buđenje stavova i vrijednosti o značenju zraka, - razvijati svijest o važnosti očuvanja prirode.

	3. PSIHOMOTORIČNI: - razvijanje fine motorike izvođenja pokusa, - verbalna i neverbalna komunikacija. 4. NEKOGNITIVNI: - Kreativnim pristupom primijeniti stečena znanja kako bi samostalnim promišljanjem razvili kritičko mišljenje i odgovorno ponašanje
Strategije i metode rada na mini-projektu	Predavačko-demonstracijska metoda, učenje otkrivanjem, dijaloška metoda – heuristički razgovor, demonstracija i prezentacija – gledanje filmova, izrada plakata i postavljanje galerije
Društveni oblici rada	frontalni, grupni rad, individualni rad
Nastavna sredstva i pomagala	Projektor i računalo, laboratorijski pribor, nastavni listići, hamer papir, škare, ljepilo, markeri
Izvori znanja	Internet, živa riječ učenika i učitelja, udžbenik, bilješke sa prethodnih nastavnčkih sati, članci iz medija
Korelacija	Hrvatski jezik, Likovna kultura, Građanski odgoj i obrazovanje
Vremenik	6 školskih sati, od toga 4 školska sata kemije
Troškovnik	cca 100 kn
Vrednovanje	Skaliranje od minimalne prema maksimalnoj razini ostvarenosti ishoda - shvatiti da je zrak smjesa plinova, - definirati kemijski sastav i biološke vrijednosti zraka, - razumjeti važnost zraka, - opisati i crtežom prikazati kružni tok kisika u prirodi, - primijeniti odgovorno ponašanje u svakodnevnom životu.

Planirane aktivnosti za ostvarenje teme

Etapa			Aktivnosti	Strategije, metode i postupci	Nastavna sredstva i pomagala	Nositelji
Kroskurikularni (međupredmetni) pristup mini projektu (90 min)	45 min	30 min	1. Hrvatski jezik (Literarni radovi na temu: Čovjek je dio prirode ili Simbioza čovjeka i prirode).	- rasprava, - stvaralačko pisanje	-	učitelj hrvatskog jezika i učenici 7. razreda
		15 min	2. Građanski odgoj i obrazovanje: ekološka dimenzija i ljudsko-pravna dimenzija	- Rasprava (kao uvodni dio sata nastave hrvatskog jezika)	- Ustav	
	45 min		3. Likovna kultura (Motiv: Kružni tok zraka u prirodi).	- slikanje vodenim bojama	-	učitelj likovne kulture i učenici 7. razreda
I. (45 min)			- promišljanje i razumijevanje svojstava zraka, - praćenje podatka o koncentracijama onečišćujućih tvari na portalu „Kvaliteta zraka u RH“, - pripremanje i provedba pokusa.	Predavačko-demonstracijska metoda, učenje otkrivanjem, grupni rad	Prezentacija (projektor i računalo), Laboratorijski pribor, Nastavni listići	učitelj kemije i učenici 7. razreda
II. (45 min)			- Zrak život znači: upoznavanje važnosti zraka za život te shvaćanje suvremene problematike	Predavačko-demonstracijska metoda, Dijaloška metoda – heuristički razgovor,	Prezentacija (projektor i računalo), Internet, Živa riječ učenika i učitelja	učitelj kemije i učenici 7. razreda

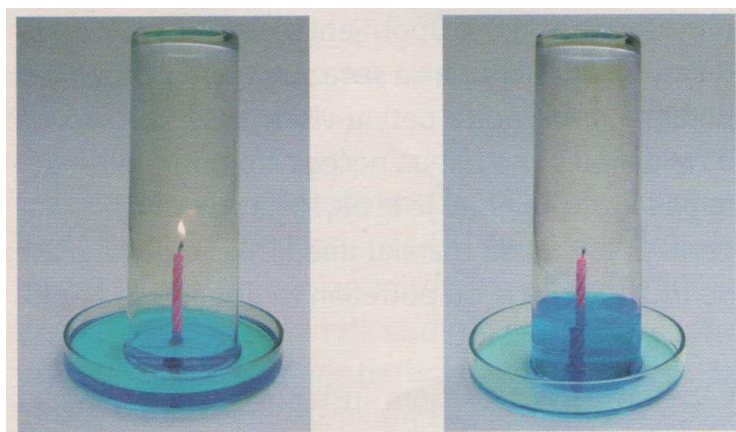
	vezanu uz zrak.	Demonstracija – gledanje filmova (korelacija građanskog odgoja i obrazovanja)		
III. (90 min)	- Učenici će od prikupljenih informacija i materijala (tekstovi iz medija, stručnih radova, fotografija...) izabrati najkvalitetnije i najzanimljivije te izraditi plakat i potrebnu prezentaciju u Power point-u. - Javna prezentacija svim učenicima u školi.	Sinteza usvojenih sadržaja: grupni rad – izrada plakata i postavljanje galerije (metoda razgovora, metoda demonstracije) Sinteza zaključnih misli mini projekta u obliku Power point prezentacije	Izrada plakata – potrebni materijali su hamer papir, škare, ljepilo, markeri... Izrada Power point prezentacije: udžbenik, bilješke sa prethodnih nastavničkih sati, članci iz medija..., računalo i projektor.	učitelj kemije i učenici 7. razreda

6.1 POKUS 1.: GORENJE SVIJEĆE

Pribor i kemikalije: žigice, visoka staklena čaša, plitki tanjur, porculanski tanjurić, svijeća.

Postupak:

- Upaliti i ukositi svijeću tako da nekoliko kapljica voska padne na tanjurić. Kada se kapljice voska skrutnu, usporediti njihovu tvrdoću i opip s tvrdoćom i opipom voska nove svijeće.
- Na sredinu plitkog tanjura učvrstite svijeću. To ćete učiniti tako da upaljenom žigicom zagrijete donji kraj svijeće. Pustite da na sredinu tanjura padne nekoliko kapljica rastaljenog voska. Brzo izmaknite žigicu, a donji kraj svijeće utaknite u još rastaljeni vosak. Pričekajte da se vosak skrutne i svijeća učvrsti. Potom ulijte malo vode na tanjurić tako da dobijete sloj visine oko 1 cm. Upalite svijeću i poklopite ju čašom kako je prikazano na slici 6.1-1. Promatrajte što će se dogoditi.
- Ponovite pokus tako da zapornim satom (štopericom) izmjerite koliko je vremena potrebno da se svijeća ugasi. Uzmite dvostruko veću čašu i izmjerite vrijeme potrebno da se svijeća ugasi.
- Iznova zapalite svijeću i iznad njezina plamena nakratko postavite porculanski tanjurić.
- Iznad upaljene svijeće postavite hladnu čašu okrenutu otvorom prema dolje. Upotrijebite čašu debelih stijenki. [25]



Slika 6.1 – 1 Gorenje svijeće

Izvor: M. Sikirica, K. Holenda: *Kemija istraživanja, udžbenik za 7. razred osnovne škole, Školska knjiga Zagreb*, 2006.

6.1.1 Radni listić - Pokus 1.: Gorenje svijeće

- a) Jesu li svojstva voska svijeće jednaka ili različita prije i nakon taljenja? Je li taljenje voska svijeće fizikalna ili kemijska promjena? Obrazloži svoj odgovor.
- b) Što se dogodilo s razinom vode u tanjuru i čaši nakon što se svijeća ugasila? Za koliko se prvotni volumen zraka smanjio u čaši?
- c) Objasni zašto se svijeća ugasila. Zašto svijeća dulje gori u većoj čaši? Je li se svijeća smanjila? Je li gorenje svijeće fizikalna ili kemijska promjena?
- d) Što ste primijetili na tanjuriću? Kakve je boje nastali sloj na tanjuriću? Jesu li gorenjem svijeće nastale nove tvari? Odgovor potkrijepi opažanjem.
- e) Je li se unutrašnjost promatrane čaše zamaglila? Što opažate na stijenkama čaše? Objasni kamo je nestala $1/5$ zraka ispod preokrenute čaše?

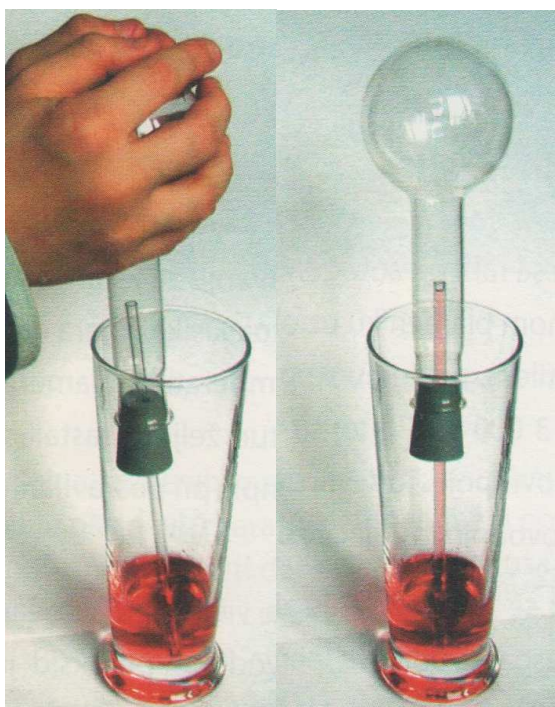
6.1.2 Rješenja radnog listića - Pokus 1.: Gorenje svijeće

- a) Pokus pokazuje da su svojstva ohlađenih kapljica voska jednaka svojstvima voska od kojega je načinjena svijeća. Tvar od kojega je načinjena svijeća samo je promijenila oblik, ali je i dalje to ista tvar – vosak. Iz toga možemo zaključiti da je došlo do fizikalne promjene jer je tvar, u ovome slučaju vosak, promijenila samo oblik.
- b) U ovom pokusu smo uočili da se razina vode u čaši podignula, a volumen zraka smanjio se za $\frac{1}{5}$.
- c) U ovom pokusu možemo zaključiti da je za gorenje svijeće potreban zrak. Što imamo veću čašu, imamo i više zraka, pa svijeća dulje gori. U prethodnom pokusu smo uočili da razina vode podigla za $\frac{1}{5}$. Iz toga možemo zaključiti da u zraku ima petina kisika, a kisik nam potpomaže gorenje svijeće.
- d) Na tanjuriću smo primijetili crni sloj. Crni sloj se ne može u potpunosti obrisati sa tanjurića i masna je opipa. U ovom pokusu smo ustanovili da gorenjem svijeće dolazi do nove tvari – čađe (ugljik).
- e) U ovom pokusu uočili smo da se unutrašnjost promatrane čaše zamaglila, a na stijenkama hladne čaše uočili smo kapljice vode. Iz toga možemo zaključiti da gorenjem svijeće nastaju najmanje dvije nove tvari, ugljik (kruta tvar) i voda (tekuća tvar) te da je gorenje svijeće kemijska promjena. Da bi svijeća gorjela, potreban nam je kisik. Zato se smanjila razina zraka ispod preokrenute čaše.

6.2 POKUS 2. : GUSTOĆA ZRAKA I TEMPERATURA

Pribor i kemikalije: Okrugla tikvica od 100 ili 200 mL, gumeni čep s provučenom staklenom cjevčicom dužine oko 20 cm, čaša.

Postupak: Ulijte u čašu malo vode. Začepite tikvicu gumenim čepom kroz koji je provučena staklena cijev. Vrh cijevi uroniti u vodu u čaši. Tikvicu obuhvatiti rukama. Uočite mjehuriće plina koji izlaze kroz staklenu cjevčicu. Kad mjehurići plina prestanu izlaziti, pustite da se tikvica spontano hladi. Uočite kako se u staklenoj cjevčici podiže razina vode. [25]



Slika 6.2 - 1 Gustoća zraka i temperatura

Izvor: M. Sikirica, K. Holenda: Kemija istraživanja, udžbenik za 7. razred osnovne škole, Školska knjiga Zagreb, 2006.

6.2.1 Radni listi - Pokus 2.: Gustoća zraka i temperatura

1. Zabilježite opažanja tijekom grijanja tikvice rukom. Objasnite.
2. Zabilježite opažanja tijekom hlađenja tikvice. Objasnite.
3. Je li tijekom pokusa došlo do promjene količine zraka? Objasnite.
4. Je li se gustoća zraka mijenjala s porastom i sa sniženjem temperature?

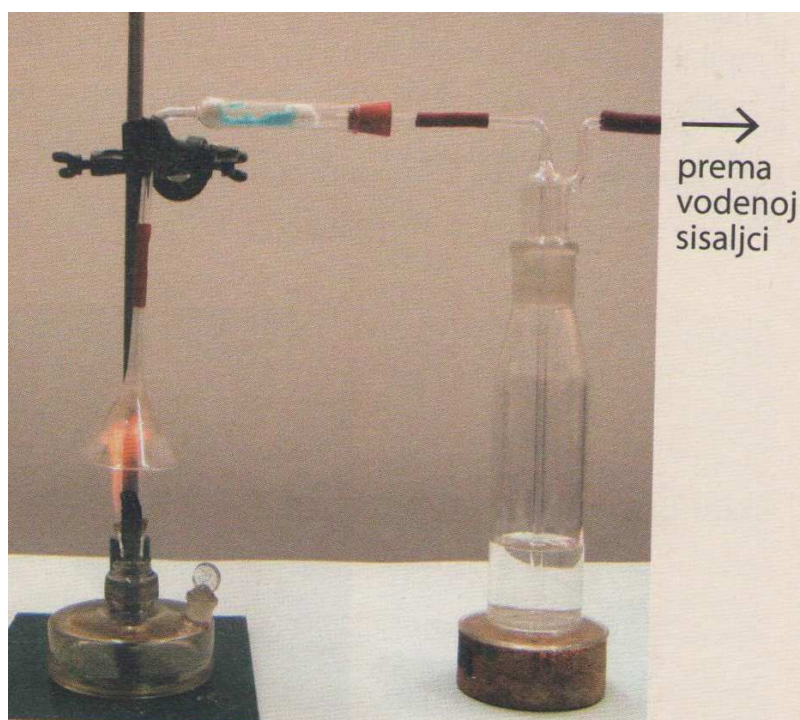
6.2.2 Rješenje radnog listića - pokus 2.: Gustoća zraka i temperatura

1. Tijekom grijanja tikvice s rukom uočili smo da mjehurići plina (zraka) izlaze kroz staklenu cjevčicu te se količina zraka u tikvici smanjila. Iz toga možemo zaključiti da se povišenjem temperature volumen iste količine zraka se povećava.
2. Tijekom spontanog hlađenja tikvice, razina vode u staklenoj cjevčici se povisila. Iz toga možemo zaključiti da se snižavanjem temperature volumen iste količine zraka smanji.
3. U pokusu tijekom spontanog hlađenja tikvice nije došlo do promjene količine zraka te iz toga možemo zaključiti da volumen neke stalne količine zraka ovisi o temperaturi.
4. Imajući na umu da je gustoća uzorka neke tvari omjer njegove mase i volumena, a u ovom pokusu smo uočili da nam je masa zraka ista, a volumen se smanjuje odnosno povećava, možemo zaključiti da je gustoća toplog zraka manja od gustoće zraka na sobnoj temperaturi i obrnuto.

6.3 POKUS 3. : GORENJE

Pribor i kemikalije: plinski plamenik, klorkalcijeva cijev s bezvodnim bakrovim sulfatom , ispiralica s vapnenom vodom, vodena sisaljka.

Postupak: Složite aparaturu kao na slici 6.3 – 1. U klorkalcijevu cjevčicu stavite malo bezvodnog bakrova sulfata. Pazite kako ćete spojiti ispiralicu. Produkti gorenja moraju prolaziti kroz vapnenu vodu. Za pokus upotrijebite plinski plamenik. Plamen plinskog plamenika regulirajte tako da ne bude viši od 2-3 cm. Upaljeni plinski plamenik postavite ispod lijevka i uključite vodenu sisaljku. Kroz ispiralicu s vapnenom vodom mora prolaziti umjerena struja zraka zajedno s produktima gorenja. [25]



Slika 6.3 – 1 Aparatura za ispitivanje produkta gorenja

Izvor: M. Sikirica, K. Holenda: *Kemija istraživanja, udžbenik za 7. razred osnovne škole, Školska knjiga, Zagreb, 2006.*

6.3.1 Radni listić - Pokus 3.: Gorenje

1. Što nam govori boja plamena plinskog plamenika?
2. Dolazi li do kakve promjene na bezvodnom bakrovom sulfatu? Obrazloži.
3. Dolazi li do kakvih promjena u ispiralici s vapnenom vodom? Obrazloži.
4. Što je to gorenje?
5. Što su produkti gorenja?

6.3.2 Rješenje radnog listića – Pokus 3.: Gorenje

1. Boja plamena plinskog plamenika govori nam je li protok zraka dobar. Ako nema dovoljno zraka plamen je svjetleći, a uz dovoljnu količinu zraka, plamen je plavičaste boje.
2. Uočili smo da je za vrijeme izvođenja pokusa bijeli bezvodni bakrov sulfat poprimio plavu boju. To nam dokazuje da gorenjem svijeće, alkohola ili ukapljenog plina nastaje voda.
3. Tijekom pokusa uočili smo da se vapnena voda u ispiralici zamutila što nam dokazuje da gorenjem alkohola ili ukapljenog plina nastaje ugljikov dioksid.
4. Gorenje je kemijski proces spajanja neke tvari s kisikom uz pojavu svjetlosti i topline. Za gorenje su potrebna tri uvjeta: goriva tvar, tvar koja podržava gorenje i dovoljno visoka temperatura za početak kemijske reakcije.
5. Produkti gorenja su ugljikov dioksid i voda.

6.4 POKUS 4.: GAŠENJE POŽARA

Pribor i kemikalije: Plastična boca sa širokim grlom od 250 mL (boca od gaziranog napitka), gumeni čep primjeren veličini grla plastične boce, plastična štrcaljka za injekcije od 20 mL, zasićena otopina sode bikarbone (natrijeva hidrogenkarbonata), kuhinjski ocat ili otopina limunske kiseline, tekući deterdžent za pranje suda.

Postupak: Na gornjem zaobljenom dijelu plastične boce od gaziranog napitka ugrijanim vrhom željeznog čavla izbušite malu rupicu promjera oko 4 mm. Gumeni čep izbušite bušačem za čepove tako da dobijete rupu u koju možete utisnuti injekcijsku štrcaljku oko 20 mL. Zasićenom otopinom sode bikarbone, (natrijeva hidrogenkarbonata), kojoj dodamo malo deterdženta za pranje posuđa, napunite najviše dvije trećine boce od 200 mL. U plastičnu injekcijsku štrcaljku usišite 20 mL zasićene otopine limunske kiseline ili kuhinjskog octa. Čep s napunjenom štrcaljkom ugurajte u otvor plastične boce. Aktiviraj "aparat za gašenje" snažnim pritiskom na klip injekcijske štrcaljke. Limunska kiselina (ili ocat) i soda bikarbona razvijaju ugljikov dioksid koji "smjesu za gašenje požara" istiskuje kroz rupicu.

Napomena: Pazite kamo usmjeravate mlaz da njime ne poprskate sebe ili druge učenike oko sebe. Najbolje da pokus izvedete u dvorištu škole. [25]



Slika 6.4–1 Model uređaja za gašenje požara;

Izvor: M. Sikirica, K. Holenda: *Kemija istraživanja, udžbenik za 7. razred osnovne škole, Školska knjiga, Zagreb, 2006.*

6.4.1 Radni listić – Pokus 4.: Gašenje požara

1. Što su sredstva za gašenje?
2. Čime najčešće možemo ugasiti požar?
3. O čemu najviše moramo voditi brigu nakon paljenja vatre u prirodi?
4. Objasnite potpuno i nepotpuno gorenje.
5. Što je temperatura paljenja, a što temperatura samozapaljenja?

6.4.2 Rješenje radnog listića – Pokus 4.: Gašenje požara

1. Sredstva za gašenje požara su tvari koje imaju takvo svojstvo da prekidaju proces gorenja, odnosno gase požar.
2. Požar se najčešće može ugasiti s vodom i aparatima za gašenje požara.
3. Pri paljenju vatre u prirodi treba biti jako oprezan i držati ognjište pod nadzorom. Žeravicu zaostalu nakon paljenja vatre u prirodi treba potpuno ugasiti polijevanjem vodom i zatrpavanjem zemljom jer i najmanji vjetar može raspiriti vatru iz zaostale žeravice što može uzrokovati šumski požar.
4. Potpuno gorenje nastaje kad tvar ima dostatnu količinu kisika potrebnog da goruća tvar potpuno oksidira, odnosno da se spoji s kisikom ili, drugim riječima, da potpuno izgori. Produkti takvog gorenja su potpuno zasićeni kisikom i više se ne mogu s njim spajati, odnosno ne mogu gorjeti. Kada organska tvar potpuno gori najčešći produkti su uglavnom ugljični dioksid i vodena para. Potpunim gorenjem nastaje malo dima. Nepotpuno gorenje organske tvari nastaje kada nema dovoljno kisika da goruća tvar potpuno izgori. Produkti nastali takvim gorenjem nisu u potpunosti zasićeni kisikom

i mogu ponovo gorjeti. U ponovnom dodiru sa zrakom mogu opet gorjeti odnosno eksplodirati. Produkt nepotpunog gorenja organske tvari je ugljični monoksid. To je bezbojan plin bez okusa i mirisa, vrlo opasan (u smjesi sa zrakom može eksplodirati) i otrovan plin (krvni otrov).

5. Temperatura paljenja je ona najniža temperatura tvari na kojoj se, uslijed djelovanja toplinske energije, ta tvar zapali. Temperatura samozapaljenja je najniža temperatura na koju treba zagrijati neku tvar u prisustvu zraka, da se ona upali bez vanjskog izvora pripaljivanja.

6.5 POKUS 5.: PRAĆENJE LEBDEĆIH ČESTICA PM10 NA DRŽAVNOJ MREŽI ZA TRAJNO PRAĆENJE KVALITETE ZRAKA

Postupak: Na stranicama Ministarstva zaštite okoliša i prirode – Državna mreža za trajno praćenje kvalitete zraka (<http://zrak.mzoip.hr/>), mjerna postaja Sisak 1 uzeti meteorološke podatke (temperatura, relativna vlažnost i brzina i smjer vjetra) te satne koncentracije lebdećih čestica PM10 za vremensko razdoblje od godinu dana (2012. godina). Meteorološke podatke i satne koncentracije PM10 čestica upisati u tablice.

Napomena: Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN117/12) postavljene su granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku obzirom na zaštitu zdravlja ljudi. Prema Uredbi, u jednoj kalendarskoj godini granična vrijednost onečišćujuće tvari, PM10, je $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a 24 satna granična vrijednost je $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ koja ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom kalendarske godine.

6.5.1 Radni listić - Pokus 5.: Praćenje lebdećih čestica PM10 na Državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka

1. Definirajte: zagađenje zraka i zagađivala zraka.
2. Što su lebdeće čestice PM10?
3. Kako lebdeće čestice PM10 utječu na zdravlje ljudi i okoliš?
4. Jeste li uočili povećanje koncentracija PM10 čestica u promatranom razdoblju?

6.5.2 Rješenje radnog listića - Pokus 5.: Praćenje lebdećih čestica PM10 na Državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka

1. Zagađenje zraka općenito se definira kao prisutnost jednog ili više zagađivala (onečišćujuće tvari ili onečišćivala) u atmosferi u dostatno visokoj koncentraciji, dovoljno dugo i u takvim okolnostima da štetno ili opasno djeluje na udobnost, zdravlje i dobrobit ljudi i/ili na okoliš i izaziva neželjene posljedice u okolišu.

Zagađivalo zraka (onečišćujuća tvar ili onečišćivalo) je bilo koja tvar ispuštena u atmosferu ljudskim djelovanjem ili prirodnim procesima, koja štetno djeluje na ljudsko zdravlje, vegetaciju, materijalna i kulturna dobra, smanjuje vidljivost i utječe na globalne procese u okolišu (učinak staklenika, nastajanje troposferskog ozona, smanjenje stratosferskog ozona ili oštećenje ozonskog sloja, globalno zagrijavanje) s nesagledivim posljedicama.

Zagađivala zraka se prema agregatnom stanju dijele u dvije osnovne skupine:

- a) suspendirane čvrste čestice ili aerosole koji obuhvaćaju lebdeće čestice i dimove i suspendirane čestice u kapljevinama (sprejevi i maglice) te
 - b) na plinove (organske i anorganske) i pare.
2. Lebdeće čestice obuhvaćaju krute čestice određenih veličina i različitog podrijetla, a njihova osnovna značajka je da se mogu održati u struji ispušnih ili dimnih plinova tijekom dugih razdoblja jer su premalene da bi imale značajnu brzinu taloženja. Krute čestice dolaze u obliku prašine, pepela (ili lebdećeg pepela), čađe (čestice bogate ugljikom koje nastaju pri nepotpunom izgaranju i talože se prije ispuštanja dimnih plinova u zrak), dima (plinovi izgaranja i njima nošene krute čestice) te u drugim oblicima (silikati, minerali, itd.). Lebdeće čestice uglavnom nastaju pri procesima izgaranja, isparavanja i kondenzacije. Najznačajniji izvori emisija lebdećih čestica su procesi izgaranja u industrijskim i neindustrijskim ložištima, izgaranje u termoenergetskim objektima, proizvodni procesi, (tvornice cementa i azbesta, željezare i dr.), cestovni promet i dr. Čestice iz ložišta mogu sadržavati i organske tvari iz skupine policikličkih aromatskih ugljikovodika.

3. Čestice manje od 10 μm opasne su za ljudsko zdravlje s obzirom na to da prodiru i zadržavaju se u dišnim putovima, čime uzrokuju upalne promjene i smanjenu otpornost na razne alergije i infekcije. Zbog velike javnozdravstvene vrijednosti lebdeće čestice PM10 jedan su od najvažnijih pokazatelja onečišćenja zraka. Nastaju uglavnom izgaranjem goriva u neindustrijskim ložištima, u cestovnome prometu i u industriji.
4. Koncentracija lebdećih čestica PM10 u mjernoj postaji Sisak 1 u promatranoj godini 2012. prekoračila je granične vrijednosti 26 puta. Vršna vrijednost u navedenom razdoblju izmjerena je 09.01.2012. u 22 sata i iznosila je 409,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ što je čak deseterostruko viša vrijednost od zakonski propisane maksimalne vrijednosti. Budući da je prema zakonskim propisima dozvoljeno prekoračenje granične vrijednosti u jednoj kalendarskoj godini 35 puta, kvaliteta zraka je unatoč prekoračenjima granične vrijednosti i dalje bila *prve kategorije kvalitete zraka*.

Tablica 6.5.2 -1 Izvadak iz tablice satne koncentracije PM10 i meteoroloških podataka za period siječanj 2012. do siječnja 2013. za mjernu postaju Sisak 1 (PM10 - lebdeće čestice, S – sjeverni, SZ – sjeverozapadni, SI – sjeveroistočni, Z – zapadni, I – istočni, J – južni, JZ – jugozapadni, JI – jugoistočni).

Izvor: <http://zrak.mzoip.hr/>[29]

Datum i vrijeme [h]	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Temperatura [$^{\circ}\text{C}$]	Relativna vlažnost [%]	Brzina vjetra [m/s]	Smjer vjetra
1.1.2012 0:00	37,3	-2,1	89,2	0,2	298,1 (SZ)
1.1.2012 1:00	36	-2,1	89,2	0,2	300,5 (SZ)
1.1.2012 2:00	31,3	-2,1	89,2	0,2	318,9 (SZ)
1.1.2012 3:00	29,8	-2,1	89,2	0,2	359,8 (S)
1.1.2012 4:00	26,8	-2,1	89,2	0,1	333,9 (SZ)
1.1.2012 5:00	26,7	-2,1	89,3	0,1	299,0 (SZ)
1.1.2012 6:00	25,6	-2,1	89,2	0,1	305,4 (SZ)
1.1.2012 7:00	29,4	-2	89,2	0	299,9 (SZ)
1.1.2012 8:00	23	-1,8	89,3	0,1	298,3 (SZ)
1.1.2012 9:00	51	-1,6	89,3	0,1	298,0 (SZ)
1.1.2012 10:00	37	-0,9	89,4	0,1	330,7 (SZ)
1.1.2012 11:00	50,5	0,7	87,1	0,1	67,3 (SI)
1.1.2012 12:00	41,2	1,9	81,8	0	258,8 (Z)
1.1.2012 13:00	31	2,8	76,6	0	14,0 (S)
1.1.2012 14:00	28,9	3,1	75,9	0,1	83,7 (I)
1.1.2012 15:00	27,2	3,2	79,7	0	310,2 (SZ)
1.1.2012 16:00	18	3	79,9	0,1	292,6 (SZ)
1.1.2012 17:00	30,4	1,8	83,9	0,3	309,7 (SZ)
1.1.2012 18:00	34,6	0,5	88,9	0,3	294,5 (SZ)

1.1.2012 19:00	33,4	-0,2	89,2	0,3	2,9 (S)
1.1.2012 20:00	36,7	-1	89,1	0,2	93,9 (I)
1.1.2012 21:00	39	-1,2	89,1	0,3	7,7 (S)
1.1.2012 22:00	42,7	-1,1	89,3	0,1	226,0 (JZ)
1.1.2012 23:00	44,6	-1,7	89	0,1	121,0 (JI)
2.1.2012 0:00	89	-2,1	89	0,2	31,1 (SI)
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
28.9.2012 0:00	7,4	16,9	91,9	0,1	105,0 (I)
28.9.2012 1:00	6,6	16,5	92	0,2	23,7 (SI)
28.9.2012 2:00	18,7	16,1	91,9	0,1	167,3 (J)
28.9.2012 3:00	11,3	16	91,8	0,2	346,0 (S)
28.9.2012 4:00	11,9	15,9	91,8	0,3	0,5 (S)
28.9.2012 5:00	9	16	92	0	69,9 (I)
28.9.2012 6:00	8,6	15,6	91,8	0,6	42,2 (SI)
28.9.2012 7:00	10,5	15,1	91,7	0,6	41,7 (SI)
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
31.12.2012 15:00	53,7	3,7	68,7	0,1	69,7 (I)
31.12.2012 16:00	58,1	3	71,3	0,1	266,6 (Z)
31.12.2012 17:00	55,7	1,8	75,9	0,2	313,8 (SZ)
31.12.2012 18:00	64,1	0,6	82	0,2	301,8 (SZ)
31.12.2012 19:00	47,8	-0,6	86,2	0,2	284,8 (Z)
31.12.2012 20:00	53,3	-1,6	89,1	0,2	303,5 (SZ)
31.12.2012 21:00	55,9	-2,2	89	0,2	324,1 (SZ)
31.12.2012 22:00	43,9	-3,2	89	0,2	299,1 (SZ)
31.12.2012 23:00	31,9	-4,5	88,8	0,2	291,1 (Z)

6.6 PLAKATI



Izvor: [http://www.os-brace-radic-zg.skole.hr/gal/likovne/eko_plakati?only_mod_instance=52_1378_0&st3_action=move_doc&st3_id=\[27\]](http://www.os-brace-radic-zg.skole.hr/gal/likovne/eko_plakati?only_mod_instance=52_1378_0&st3_action=move_doc&st3_id=[27])



Izvor: http://os-vnazora-novabukovica.skole.hr/?news_id=283 [28]

7. ZAKLJUČAK

Prosječne godišnje koncentracije PM10 na šest mjernih postaja u periodu od siječnja 2007. do siječnja 2013. kretale su se u rasponu od $12,51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ do $38,78 \mu\text{g}/\text{m}^3$, te nije prijedena dozvoljena godišnja prosječna vrijednost od $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ propisana EU Direktivom 2008/50/EC.

Rezultati primijenjene analize glavnih komponenata ukazali su na relativno slabu ovisnost koncentracija PM10 i praćenih meteoroloških varijabli: temperature, relativne vlage i brzine vjetra.

Jače izražena međuovisnost s brzinom vjetra pronađena je samo na mjernoj postaji Osijek 1. Pronađene su pozitivne korelacije koncentracija PM10 s relativnom vlagom, kao i negativne korelacije s brzinom vjetra i temperaturom, što ukazuje da su varijacije koncentracija PM10 posljedica događaja na lokalnom nivou (promet, industrija, procesi sagorijevanja i sl.).

Primjena metode analize glavne komponente pokazala je uglavnom homogenu raspodjelu podataka koncentracija PM10 s tek nekoliko desetaka mjerenja koja su imala značajno veće koncentracije nastale uglavnom zbog ekstremnih vremenskih uvjeta (slaba cirkulacija zraka, visoka relativna vlaga i niska temperatura – sezona grijanja).

Koncentracije PM10 pokazuju izražene, uobičajene poludnevne, dnevne i sezonske cikluse. Nakon provedene Fourierove analize, na mjernoj postaji Zagreb 1, koja je klasificirana kao prometna, uočeni su dodatni sedmodnevni ciklusi, koji su u pravilu manjih intenziteta od jednodnevnih, poludnevnih ili jednogodišnjih, a koji bi se mogli povezati s ljudskim utjecajem. Poludnevni, dnevni i jednogodišnji periodi su prema očekivanjima bili najjačeg intenziteta, dok su, pak, neki slabiji s periodima između 18 i 1365 dana bili zamjetno slabijeg intenziteta. Njihovu pravu prirodu otkrit će analiza meteoroloških varijabli i njihova usporedba s uočenim ciklusima u koncentracijama PM10.

8. LITERATURA

1. A. Alebić-Juretić, Air Quality, ozone and climate change/variation in the Rijeka area, Croatia, 3rd Urbino Accent Plus Symposium "Atmospheric Composition Change", Urbino, Italy, 13.-16.09. 2011
2. Cheol-Hee Kim, Hye-Young Son, Measurement and Interpretation of Time Variations of Particulate Matter Observed in the Busan Coastal Area, //Asian Journal of Atmospheric Environment Vol. 5-2, pp. 105-112, June 2011 doi: 10.5572/ajae.2011.5.2.105
3. O. Tchepel, C. Borrego, Frequency Analysis of Air Quality Time Series for traffic related pollutants //J. Environ. Monit., 2010, 12, 544-550
4. O. Tchepel, A. M. Costa, H. Martins, J. Ferreira, A. Monteiro, A. I. Miranda, C. Borrego, Determination of background concentrations for air quality models using spectral analysis and filtering of monitoring data// Atmospheric Environment 44 (2010) 106 – 114
5. B. R. Gurjar, A. Jain, A. Sharma, A. Agaewal, P. Gupta, A.S. Nagpure, J. Lelievelf, Human health risks in the megacities due to air pollution, 2010., Atmospheric Environment 44(36), 4606-4613
6. R. Harrison, A. Deacon, M. Jones, Source and processes of PM10 and PM2,5 particulate matter in Birmingham 1997 1997, Atmospheric Environment 34, 3495-3502
7. M. Shima, Y. Yoda, An ecological study of lung cancer mortality and severe air pollution in the 1960s in an industrial city in Japan, 2009, Asian Journal of Atmospheric Environment 3(1), 9-18
8. A. Alebić-Juretić, Advanced Topics in Environmental Health and Air Pollution Case Studies, Air pollution and its impacts – the city of Rijeka case studies, Intech Europe, 2011
9. J. Marijanissen, L. Gradoń, Nanoparticles in medicine and environment, Springer science+Business Media B. V. 2010
10. A. Jeričević, V. Džaja, H. Bloemen, Source identification of regional PM10 concentrations during episodes of air pollution in eastern European area, Meteorological

and Hydrological service of Croatia, National institute of public health and the environment, Utrecht, the Netherlands

11. G. d' Amato, L. Cecchi. M. d' Amato, G. Liccardi, AZO-Croatian Environmenteal agency, Journal of Investigational Allergology and Clinical Immunology, 20, 95-102., 2010
12. I. Bešlić, K. Šega, M. Čačković, Z. Bencentić Klaić, V. Vučetić, Influence of weather types on concentrations of metallic components in airborne PM10 in Zagreb, Croatia, Institute for medical research and occupational health, Zagreb, Department of geophysics, Faculty of science, University of Zagreb, Zagreb, Croatia, Meteorological and Hydrological service, Zagreb, Croatia, 2007
13. D. S. Wilks: Statistical methods in the atmospheric sciences Second Edition, London 2006. , Elsevier Inc. All rights reserved
14. Statheropoulos, M., Vassiliadis, N., & Pappa, A. (1998) Principal component and canonical correlation analysis for examining air pollution and meteorological data. Atmospheric Environment, 32 (6), 1087–1095
15. A. Lengyel, K. Héberger, L. Paksy, O. Bánhidi & R. Rajkó, (2004) Prediction of ozone concentration in ambient air using multivariate methods. Chemosphere, 57, 889–896
16. E. Kovač-Andrić, J. Brana, & V. Gvozdić, (2009) Impact of meteorological factors on ozone concentrations modelled by time series analysis and multivariate statistical methods. Ecological Informatics, 4, 117–122
17. S. A. Abdul-Wahab, C. S. Bakheit, & S. M. Al-Alawi (2005) Principal component and multiple regression analysis in modeling of ground-level ozone and factors affecting its concentrations. Environmental Modelling and Software, 20, 1263–1271
18. E. Kovač-Andrić, V. Gvozdić, G. Herjavić, M. Hasan Assessment of ozone variations and meteorological influences in a tourist and health resort area on the island of Mali Lošinj (Croatia), Environmental science and pollution research international, 20 (2013), 8, 5106-5113
19. V. Gvozdić, E. Kovač-Andrić, J. Brana, Influence of meteorological factors NO₂, SO₂, CO and PM10 on the concentration of O₃ in the urban atmosphere of eastern Croatia, Environmental modeling & assessment, 16 (2011), 5, 491-501

20. V. Gvozdić, V. Tomišić, V. Butorac, V. Simeon, Association of nitrate ion with metal cations in aqueous solution: a UV-Vis spectrometric and factor-analytical study, *Croatica Chemica Acta*, 82 (2009), 2, 553-559
21. T. Cvitaš, M. Furger, R. Girgzdiene, L. Haszpra, N. Kezele, L. Klasnic, A. Planinšek, M. Pompe, A. Prevot, H. Scheel, E. Schuepbach, Spectral analysis of boundary layer ozone data from the EUROTRAC TOR Network, *Journal of Geophysical Research*, 109 (2004), D02302, doi: 10.1029/2003JD003727)
22. V. Butković, T. Cvitaš, K. Džepina, N. Kezele, L. Klasnic, Long-term ozone data analysis, *Croatica Chemica Acta*, 75 (2002), 5, 927-933
23. M. Pecina, *Metode multivarijantne analize - osnovne (interna skripta)*, Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zagreb, 2006.
24. Zakonska regulativa:
- Zakon o zaštiti zraka (NN 130/11 i 47/14)
 - Program mjerenja kakvoće zraka u državnoj mreži trajno praćenje kakvoće zraka (NN 43/02)
 - Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12)
 - Pravilnik o praćenju kvalitete zraka (NN 03/13)
 - Uredba o utvrđivanju popisa mjernih mjesta za praćenje koncentracija pojedinih onečišćujućih tvari u zraku i lokacija mjernih postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 22/14)
 - Pravilnik o uzajamnoj razmjeni informacija i izvješćivanju o kvaliteti zraka (NN 57/13)
 - Uredba o određivanju područja i naseljenih područja prema kategorijama kakvoće zraka (NN 01/14)
 - EU Directive 2008/50/EC on ambient air quality and cleaner air for Europe.
25. M. Sikirica, K. Holenda: *Kemija istraživanja*, udžbenik za 7. razred osnovne škole, Zagreb, Školska knjiga, 2006.
26. <http://zrak.mzoip.hr/default.aspx?id=12>, 04.05.2014, 20:42h

27. http://www.os-brace-radic-zg.skole.hr/gal/likovne/eko_plakati?only_mod_instance=52_1378_0&st3_action=move_doc&st3_id=, 07.08.2014, 22:53h
28. http://os-vnazora-novabukovica.skole.hr/?news_id=283, 04.09.2014., 20:33h
29. <http://zrak.mzoip.hr/>, 12.09.2014., 23:43h

9. ŽIVOTOPIS

OSOBNİ PODATCI

Ime i prezime: Nives Vidaković Posavac
Datum i mjesto rođenja: 29.02. 1980., Osijek
Adresa: Kralja Tomislava 28, Donji Miholjac
Telefon: 031/630-237, 091/546-1525
E-mail: vidakovic.nives@gmail.com

OBRAZOVANJE

2013. Ministarstvo rada i mirovinskoga sustava, položen stručni ispit za stručnjaka zaštite na radu
2012. - Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za kemiju, Diplomski studij kemije
2009. - 2011. Sveučilište u Splitu, Kemijsko tehnološki fakultet Split, Preddiplomski studij kemijske tehnologije
2009. Filozofski fakultet Osijek, Pedagoško-psihološko-didaktičko-metodička izobrazba
2001. – 2004. Sveučilište u Splitu, Odjel za stručne studije Split, Studij kemijske tehnologije
1994. – 1998. Srednja škola Valpovo, smjer: Kemijski tehničar – procesni
1986. - 1994. Osnovna škola August Harambašić Donji Miholjac

RADNO ISKUSTVO

veljača 2009. ZaštitaInspekt d.o.o. Osijek
radno mjesto: stručni suradnik
svibanj 2008. – veljača 2009. Plodovi zemlje Matijević d.o.o. Donji Miholjac
radno mjesto: tehnolog kvalitete voća i povrća
travanj 2007. – svibanj 2008. GP& partners – industrija škroba d. d. Beli Manastir
radno mjesto: laborant u analitičkom laboratoriju
ožujak 2006. – prosinac 2006. Nexe grupa, tvornica " Našicecement d. d." Našice
pripravnički staž u analitičkom i mehaničkom laboratoriju

DODATNA ZNANJA, SPOSOBNOSTI I VJEŠTINE

Znanje stranog jezika: engleski

Znanje rada na računalu: osnovno korištenje računalom (Word, Excel, Visio, Internet)

Položen vozački ispit B kategorije.

HOBİ: slušanje glazbe, sviranje, crtanje

OSTALO

Bračno stanje: udana

Motivacija: stručno usavršavanje

PREPORUKA

1. Sveučilište u Splitu Odjel za stručne studije, Studij kemijske tehnologije, Split, voditelj studija dipl. ing. Ivo Borčić i mentor diplomskog rada prof. dr. sc. Ivan Radić,
2. Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet u Splitu, Zavod za inženjerstvo okoliša, izv. prof. dr. sc. Marina Trgo.