

# Analiza kakvoće zraka na području Splitsko-dalmatinske županije

---

Klanac, Iva

Undergraduate thesis / Završni rad

2019

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Chemistry and Technology / Sveučilište u Splitu, Kemijsko-tehnološki fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:167:195778>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-27**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of chemistry and technology - University of Split](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET

**ANALIZA KAKVOĆE ZRAKA NA PODRUČJU  
SPLITSKO-DALMATINSKE ŽUPANIJE**

ZAVRŠNI RAD

IVA KLANAC  
Matični broj: 20

Split, rujan 2019.



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
KEMIJSKO-TEHNOLOŠKI FAKULTET  
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ  
ZAŠTITA I OPORABA MATERIJALA

**ANALIZA KAKVOĆE ZRAKA NA PODRUČJU  
SPLITSKO-DALMATINSKE ŽUPANIJE**

ZAVRŠNI RAD

IVA KLANAC

Matični broj: 20

Split, rujan 2019.

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CHEMISTRY AND TECHNOLOGY  
UNDERGRADUATE PROFESSIONAL STUDY  
PROTECTION AND RECOVERY OF MATERIALS

**AIR QUALITY ANALYSIS IN SPLIT-DALMATIA  
COUNTY**

BACHEROL THESIS

IVA KLANAC  
Parent number: 20

Split, September 2019.

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

ZAVRŠNI RAD

Sveučilište u Splitu  
Kemijско-tehnološki fakultet  
Preddiplomski stručni studij, Zaštita i uporaba materijala

**Znanstveno područje:** tehničke znanosti

**Znanstveno polje:** kemijско inženjerstvo

**Tema rada** je prihvaćena na 19. sjednici Fakultetskog vijeća održanoj 23.11.2018 .godine.

**Mentor:** prof. dr. sc. Nediljka Vukojević Medvidović

### ANALIZA KAKVOĆE ZRAKA NA PODRUČJU SPLITSKO-DALMATINSKE ŽUPANIJE

Iva Klanac, 20

**Sažetak:** Zrak je smjesa plinova bez boje i mirisa, neophodna za život ljudi, biljaka i životinja. Zbog ljudskog zdravlja, ali i očuvanja okoliša iznimno je važno kontrolirati kakvoću zraka. U ovom radu analizirani su podatci koji ukazuju na stanje onečišćenosti zraka na području Splitsko-dalmatinske županije (SDŽ), u petogodišnjem razdoblju (2013-2017.), temeljem izvješća javno dostupnih preko Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode. Najveća je prijavljena količina ispuštanja ugljikova dioksida (CO<sub>2</sub>) > 99% u odnosu na ukupnu količinu ostalih ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak. Ostale onečišćujuće tvari čije su emisije zabilježene su CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> čestice, nemetalni hlapljivi organski spojevi (NMHOS) te u manjim količinama fluorovodici i klorovodici, policiklički aromatski ugljikovodici te teški metali (živa i cink). Također, analiza podataka za najzastupljenije onečišćujuće tvari za razdoblje 2013.-2017. ukazuje na smanjenje u prijavljenim količinama CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i PM<sub>10</sub>, dok količina NO<sub>2</sub> oscilira, a količina CO ima trend rasta. Zrak je na području Splitsko-dalmatinske županije ocijenjen kao zrak I kategorije, izuzev postaje Split-Poljud koji bilježi lošije rezultate u 2013. godini te je ocijenjen kao zrak II kategorije. Informacijski sustav zaštite okoliša je jednostavan i praktičan alat koji omogućava kontinuirano praćenje stanja pojedinih sastavnica okoliša, posebice kakvoće zraka te može poslužiti kao vrijedna pomoć pri donošenju odluka o pitanjima zaštite okoliša.

**Ključne riječi:** kakvoća zraka, onečišćujuće tvari, CO<sub>2</sub>, kategorija zraka, Informacijski sustav zaštite okoliša i prirode

**Rad sadrži:** 43 stranice, 13 slika, 16 tablica, 34 literaturne reference

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Sastav povjerenstva za obranu:**

1. Doc. dr. sc. Ivona Nuić - predsjednik
2. Doc. dr. sc. Damir Barbir - član
3. Prof. dr. sc. Nediljka Vukojević Medvidović - član - mentor

**Datum obrane:** 30.09.2019. godine

**Rad je u tiskanom i elektroničkom (pdf format) obliku pohranjen** u Knjižnici Kemijско-tehnološkog fakulteta Split, Ruđera Boškovića 35.

## BASIC DOCUMENTATION CARD

### BACHEROL THESIS

**University of Split**  
**Faculty of Chemistry and Technology Split**  
**Undergraduate professional study, Protection and recovery of materials**

**Scientific area:** Technical Sciences

**Scientific field:** Chemical Engineering

**Thesis subject** was approved by Faculty Council of Faculty of Chemistry and Technology session no. 19 held on 23.11.2018.

**Mentor:** Ph.D. Nediljka Vukojević Medvidović, full prof.

### AIR QUALITY ANALYSIS IN SPLIT-DALMATIA COUNTY

Iva Klanac, 20

**Abstract:** Air is a mixture of gases without color and odor, essential for the life of human, plants and animals. Thus for protection of human health and preservation of the environment, it is extremely important to control the quality of the air. This paper analyzes data indicating the state of air pollution in the Split-Dalmatia County (SDC) over a five-year period (2013-2017), based on the report publicly available on the website of the Croatian Environmental Information System. Among pollutants emission into the air, the highest reported amount is carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), reaching > 99% of the total amount of pollutant emissions. Other pollutants which emissions were recorded are CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> particles, non-metallic volatile organic compounds (NMVOC) and in smaller quantities hydrofluorocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals (mercury and zinc). Data analysis of pollutants for the period 2013-2017 indicate a decrease in reported amounts of CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> in the air, while the amount of NO<sub>2</sub> fluctuates, and of CO have an upward trend. Quality of air in the region of Split-Dalmatia County was rated as Category I, except for the Split-Poljud station, which recorded worse results in 2013 and was rated as Category II. The Croatian Environmental Information System is a simple and practical tool that enables the continuous monitoring of the particular environmental components, such as air quality, and can serve as a valuable assistance in environmental decision making.

**Keywords:** air quality, pollutants, CO<sub>2</sub>, air category, Croatian Environmental and Nature Information System

**Thesis contains:** 43 pages, 13 figures, 16 tables, 34 references

**Original in:** Croatian

**Defence committee:**

1. Ph.D. Ivona Nuić, assistant prof. -chair person
2. Ph.D. Damir Barbir, assistant prof. - member
3. Ph.D. Nediljka Vukojević Medvidović, full prof. -supervisor

**Defence date:** 30.09.2019.

**Printed and electronic (pdf format) version of thesis is deposited in** Library of Faculty of Chemistry and Technology Split, Ruđera Boškovića 35.

*Završni rad je izrađen u Zavodu za inženjerstvo okoliša, Kemijsko-tehnološkog fakulteta u Splitu pod mentorstvom prof. dr. sc. Nediljke Vukojević Medvidović, u razdoblju od siječnja do rujna 2019. godine.*



*Veliko hvala mentorici prof. dr. sc. Nediljki Vukojević Medvidović na predloženoj temi, savjetima i pomoći tijekom izrade ovog rada.*

*Također, veliko hvala mojoj obitelji i prijateljima koji su mi bili podrška tijekom cijelog studiranja.*

*Iva Klanac*

## **ZADATAK ZAVRŠNOG RADA**

1. Sistematizirati podatke o količinama ispuštenih onečišćujućih tvari u zrak u Splitsko-dalmatinskoj županiji (SDŽ) u petogodišnjem razdoblju (2013.-2017.), korištenjem Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode.
2. Sistematizirati podatke o kakvoći zraka na području Urbane aglomeracije Split u petogodišnjem razdoblju (2013.-2017.), korištenjem Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode.
3. Temeljem prikupljenih podataka izvesti zaključke o stanju onečišćenosti zraka na području SDŽ.
4. Ispitati u kolikoj mjeri podatci dostupni preko Informacijskog sustava zaštite okoliša mogu poslužiti u procjeni stanja onečišćenosti zraka na području SDŽ u petogodišnjem razdoblju (2013.-2017.).

## SAŽETAK

Zrak je smjesa plinova bez boje i mirisa, neophodna za život ljudi, biljaka i životinja. Zbog ljudskog zdravlja, ali i očuvanja okoliša iznimno je važno kontrolirati kakvoću zraka. U ovom radu analizirani su podatci koji ukazuju na stanje onečišćenosti zraka na području Splitsko-dalmatinske županije (SDŽ), u petogodišnjem razdoblju (2013-2017.), temeljem izvješća javno dostupnih preko Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode. Najveća je prijavljena količina ispuštanja ugljikova dioksida ( $\text{CO}_2$ ) > 99% u odnosu na ukupnu količinu ostalih ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak. Ostale onečišćujuće tvari čije su emisije zabilježene su CO,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  čestice, nemetalni hlapljivi organski spojevi (NMHOS) te u manjim količinama fluorovodici i klorovodici, policiklički aromatski ugljikovodici te teški metali (živa i cink). Također, analiza podataka za najzastupljenije onečišćujuće tvari za razdoblje 2013.-2017. ukazuje na smanjenje u prijavljenim količinama  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  i  $\text{PM}_{10}$ , dok količina  $\text{NO}_2$  oscilira, a količina CO ima trend rasta. Zrak je na području Splitsko-dalmatinske županije ocijenjen kao zrak I kategorije, izuzev postaje Split-Poljud koji bilježi lošije rezultate u 2013. godini te je ocijenjen kao zrak II kategorije. Informacijski sustav zaštite okoliša je jednostavan i praktičan alat koji omogućava kontinuirano praćenje stanja pojedinih sastavnica okoliša, posebice kakvoće zraka te može poslužiti kao vrijedna pomoć pri donošenju odluka o pitanjima zaštite okoliša.

**Ključne riječi:** kakvoća zraka, onečišćujuće tvari,  $\text{CO}_2$ , kategorija zraka, Informacijski sustav zaštite okoliša i prirode

## **SUMMARY**

Air is a mixture of gases without color and odor, essential for the life of human, plants and animals. Thus for protection of human health and preservation of the environment, it is extremely important to control the quality of the air. This paper analyzes data indicating the state of air pollution in the Split-Dalmatia County (SDC) over a five-year period (2013-2017), based on the report publicly available on the website of the Croatian Environmental Information System. Among pollutants emission into the air, the highest reported amount is carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), reaching > 99% of the total amount of pollutant emissions. Other pollutants which emissions were recorded are CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> particles, non-metallic volatile organic compounds (NMVOC) and in smaller quantities hydrofluorocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals (mercury and zinc). Data analysis of pollutants for the period 2013-2017 indicate a decrease in reported amounts of CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> and PM<sub>10</sub> in the air, while the amount of NO<sub>2</sub> fluctuates, and of CO have an upward trend. Quality of air in the region of Split-Dalmatia County was rated as Category I, except for the Split-Poljud station, which recorded worse results in 2013 and was rated as Category II. The Croatian Environmental Information System is a simple and practical tool that enables the continuous monitoring of the particular environmental components, such as air quality, and can serve as a valuable assistance in environmental decision making.

**Keywords:** air quality, pollutants, CO<sub>2</sub>, air category, Croatian Environmental and Nature Information System

## Sadržaj

	Str.
UVOD.....	1
1. OPĆI DIO.....	2
1.1. Zrak vs. atmosfera.....	3
1.2. Sastav atmosfere.....	4
1.3. Sastav i svojstva zraka.....	5
1.4. Kakvoća zraka i njen utjecaj na zdravlje čovjeka i okoliša.....	6
1.5. Procjenjivanje i praćenje kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj.....	11
1.6. Indeks kakvoće zraka.....	15
2. EKSPERIMENTALNI DIO.....	18
2.1. Podatci o količinama ispuštenih onečišćujućih tvari u zrak u Splitsko-dalmatinskoj županiji.....	19
2.2. Podatci o kakvoći zraka na području aglomeracije Split.....	25
3. OBRADA REZULTATA I RASPRAVA.....	31
3.1. Analiza podataka o količinama ispuštenih onečišćujućih tvari u zrak u Splitsko-dalmatinskoj županiji.....	32
3.2. Analiza podataka o kakvoći zraka na području aglomeracije Split.....	36
4. ZAKLJUČCI.....	39
5. LITERATURA.....	41

## UVOD

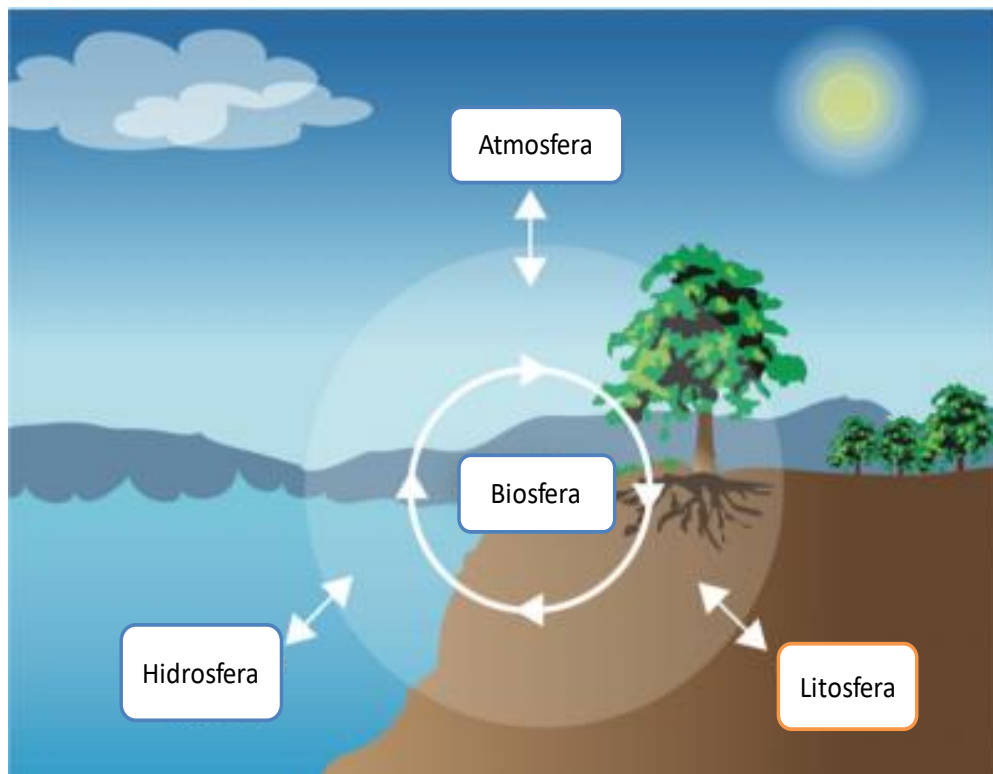
Zrak, po definiciji iz Zakona o zaštiti zraka<sup>1</sup> podrazumijeva zrak troposfere na otvorenom prostoru, izuzevši zrak na mjestu rada. Zrak je naziv za mješavinu plinova koji tvore atmosferu. Da nema zraka ne bi bilo ni života na Zemlji. Zrak nema ni boju ni miris, a neophodan je za disanje i proces gorenja. Sastoji se od dušika (78,10%), kisika (20,93%) i plemenitih plinova u vrlo malim količinama. Tlak, gustoća i masa su najvažnija fizikalna svojstva zraka. Njegovu onečišćenju doprinosi prisutnost štetnih tvari, a što uvelike utječe na zdravlje ljudi i okoliša. Izvori štetnih tvari u okolišu mogu biti prirodni (erupcije vulkana, poplave, požari, itd.) i antropogeni koji su posljedica ljudske djelatnosti (tvari nastale u procesima proizvodnje električne i toplinske energije, u procesima kemijske industrije, metalurgije, industrije cementa, poljoprivrede, itd). Antropogeni izvori mogu biti pokretni i nepokretni. Nepokretni se dijele na točkaste (termoelektrane i rafinerije) i difuzne, a u pokretne se ubrajaju prijevozna sredstva.<sup>2,3</sup> Onečišćujuće tvari koje se mogu pojaviti u zraku su plinovi, lebdeće čestice, radioaktivne tvari, organske tvari i druge onečišćujuće tvari koje imaju negativan utjecaj na zdravlje čovjeka i okoliša. Zbog toga je iznimno važno kontrolirati kakvoću zraka koja se udiše. Za upravljanje kakvoćom zraka potrebno je redovito pratiti koncentracije onečišćujućih tvari u zraku. U Republici Hrvatskoj razina onečišćenosti zraka procjenjuje se analizom postojećeg stanja na osnovi rezultata mjerenja provedenih u razdoblju od najmanje pet godina. Praćenje kakvoće zraka provodi se u zonama i aglomeracijama, prema Uredbi o određivanju zona i aglomeracija.<sup>4</sup> Kakvoća zraka se prati pomoću državne i lokalne mreže, a podatci iz državne mreže se objavljuju na stranicama Hrvatske agencije za okoliš i prirodu te su sastavni dio Informacijskog sustava zaštite okoliša. U ovom radu analizirani su podatci koji ukazuju na stanje onečišćenosti zraka na području Splitsko-dalmatinske županije.

## **1. OPĆI DIO**

## 1.1. Zrak vs. atmosfera

Zrak je plinoviti omotač koji okružuje Zemlju. Da nema zraka ne bi bilo ni života na Zemlji jer osnovu ljudskog preživljavanja uz vodu i hranu čini zrak. Činjenica je da bez hrane čovjek može živjeti nekoliko tjedana, bez vode nekoliko dana, a bez zraka samo nekoliko minuta.<sup>3</sup>

Zrak je također naziv za mješavinu plinova koji tvore Zemljinu atmosferu - sloj plinova koji okružuju planet Zemlju i koji zadržava Zemljina gravitacija. Zemljina atmosfera, zajedno s litosferom i hidrosferom je komponenta okoliša koja čini biosferu, odnosno sferu života koja omogućava razvoj i opstanak živih organizama. Između komponenti okoliša postoje kontinuirane interakcije koje uključuju transport različitih elemenata, spojeva i oblika energije, kao što je prikazano na slici 1.1.



Slika 1.1. Interakcije između komponenti okoliša atmosfere, hidrosfere i litosfere koje čine biosferu.<sup>5</sup>

Dakle, atmosfera čini plinovitu fazu odnosno zrak koji je jedan od osnovnih životnih uvjeta, potreban prije svega za disanje i fotosintezu. Sadrži oko četiri petine dušika i jednu petinu kisika, dok su količine ostalih plinova neznatne ili u tragovima.

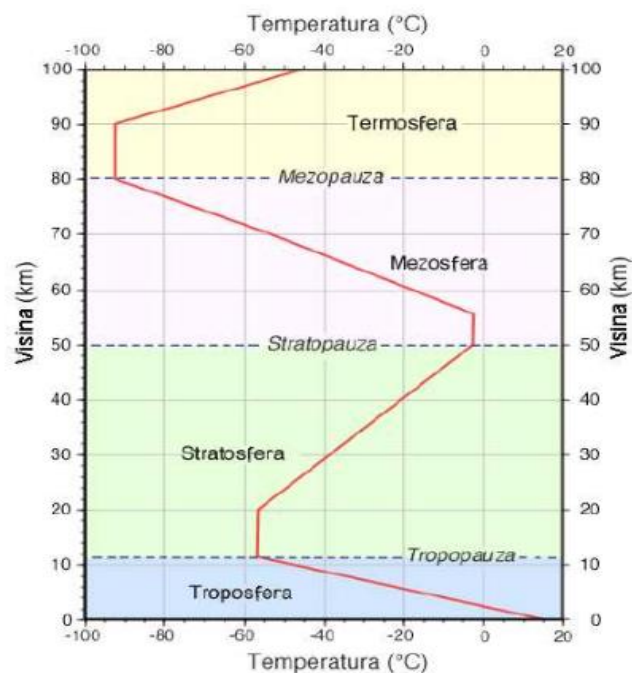


Kisik se unosi u tijelo procesom disanja, pri čemu iz tijela izlazi ugljikov dioksid. Biljke uzimaju ugljikov dioksid za pripremu hrane tijekom fotosinteze i daju kisik okolišu. Uz to, atmosfera štiti život na Zemlji apsorbirajući ultraljubičasto Sunčevo zračenje i smanjujući temperaturne ekstreme između dana i noći.<sup>6</sup>

## 1.2. Sastav atmosfere

Današnja atmosfera nastala je iz Zemlje kemijskim i biokemijskim reakcijama. Smatra se da je 99% današnje atmosfere „*novo*“ u usporedbi sa sastavom praatmosfere. Nije sigurno od čega je ona bila sastavljena, međutim znanstvenici su različitim istraživanjima zaključili da su praatmosferu najvećim dijelom činili plinovi nastali tijekom vulkanskih erupcija. Vodena para, dušik, ugljikov dioksid i sumporov dioksid jedni su od plinova koji i danas nastaju taljenjem Zemljine kore i odlaze u atmosferu. U Zemljinoj prošlosti praoceani su nastali procesom kondenzacije vodene pare. Tijekom vremena dolazilo je do raznih promjena u praatmosferi kao što je otapanje plinova u vodi ili kemijske reakcije između njih. Otapanjem ugljikova dioksida u vodi nastao je vapnenac od kojeg su građeni planinski lanci. Najveća evolucija dogodila se pojavom prvih, primitivnih biljaka. Biljke su procesom fotosinteze proizvodile kisik, a trošile ugljikov dioksid. Kisik se u gornjim dijelovima atmosfere, uslijed ultraljubičastog zračenja, pretvara u ozon, koji najvećim dijelom sprječava dolazak zračenja sa Sunca do Zemljine površine i time omogućuje daljnji razvoj života na površini. Na daljnju evoluciju Zemljine atmosfere veliki utjecaj imao je i čovjek. Industrijski smog, kisele kiše, uništavanje ozonskog sloja, krčenje šuma i staklenički učinak su pojave koje je izazvao čovjek, a koje uvelike mijenjaju atmosferu.<sup>7</sup>

Atmosfera se s obzirom na temperaturu može podijeliti na troposferu, stratosferu, mezosferu, termosferu i egzosferu, kao što je prikazano na slici 1.2. Između njih su tropopauza, stratopauza, mezopauza i termopauza.



Slika 1.2. Podjela atmosfere prema temperaturi.<sup>8</sup>

Troposfera je najniži i najgušći dio atmosfere, u kojoj se nalazi oko 80% mase atmosfere, skoro sva atmosferska voda, strujanja zraka i vremenske promjene. Stratosfera se prostire od 50 do 55 km iznad Zemljine površine. U početku joj se temperatura ne mijenja, a kasnije raste s visinom zbog prisustva ozona. Mezosfera se nalazi od 50 do 80 km iznad Zemljine površine i smatra se najhladnijim slojem atmosfere. Termosfera se prostire između 80 i 800 km iznad Zemljine površine, odlikuje se naglim porastom temperature. Egzosfera je najviši sloj Zemljine atmosfere te se u njoj nalazi malo plinova, vodika i helija. Ona predstavlja granicu između Zemlje i svemira.<sup>6,7</sup>

### 1.3. Sastav i svojstva zraka

Zrak, po definiciji iz Zakona o zaštiti zraka podrazumijeva zrak troposfere na otvorenom prostoru, izuzevši zrak na mjestu rada. Zrak je plin bez boje, okusa i mirisa. Kroz njega se može gledati i ima sposobnost gibanja. Sastoji se od dušika (osnovnog biogenog elementa potrebnog za izgradnju tijela), kisika (najvažnijeg elementa za gorenje i disanje) te plemenitih plinova u vrlo malim količinama. U tablici 1.1. prikazani su volumni udjeli plinova u čistom zraku.

Tablica 1.1. Volumni udjeli plinova u čistom zraku.<sup>9</sup>

Plin	Volumni udio, %
Dušik (N <sub>2</sub> )	78,10
Kisik (O <sub>2</sub> )	20,93
Ugljikov dioksid (CO <sub>2</sub> )	0,03
Metan (CH <sub>4</sub> )	0,00018
Argon (Ar)	0,9325
Neon (Ne)	0,0018
Helij (He)	0,0005
Kripton (Kr)	0,0001
Ksenon (Xe)	0,000009

Najvažnija fizikalna svojstva zraka su tlak, gustoća i masa. Atmosferski tlak je tlak kojeg čini težina zraka na bilo kojem dijelu Zemljine površine. Tlak zraka razlikuje se s mjestom i vremenom. Atmosferski tlak je najveći na razini mora i iznosi 101325 Pa. Zrak ima vrlo malu gustoću, nešto veću od 1 g/dm<sup>3</sup>, što je tisuću puta manje od gustoće vode. Gustoća zraka smanjuje se s porastom temperature, tako da se topliji zrak diže u više slojeve atmosfere, a hladniji zrak spušta u niže slojeve atmosfere. Iako je gustoća zraka mala, njegova masa nije zanemariva. Jedan prostorni metar zraka ima masu oko 1 kg.<sup>3</sup>

#### 1.4. Kakvoća zraka i njen utjecaj na zdravlje čovjeka i okoliš

Prisutnost štetnih tvari u zraku uzrokuju njegovo onečišćenje, a što je jedan od najčešćih čimbenika koji utječu na okoliš i ljudsko zdravlje. Izvori štetnih tvari u zraku mogu se podijeliti u dvije kategorije - prirodne i umjetne. Prirodni izvori su leteći pepeo, dim, aeroalergeni, prašina nošena vjetrom, čestice morske soli, plinovi šumskih požara, plinovi močvara, mikroorganizmi, magla, vulkanski pepeo i plinovi, meteorska prašina, prirodna isparavanja te prirodna radioaktivnost. Umjetni izvori su transport,

industrijska postrojenja, proizvodnja toplinske i električne energije, spaljivanje otpada, ali i ostale djelatnosti kao npr. procesi kemijskog čišćenja, tiskanja, bojanja, rušenja objekata itd.

Izvori onečišćivanja zraka se također dijele na:

- *nepokretne emisijske izvore*:

- *točkasti izvori* - štetne tvari ispuštaju u zrak kroz za to oblikovane ispuste (postrojenja, tehnološki procesi, ložišta, plinske turbine, spalionice otpada, uređaji, građevine)

- *difuzni izvori* - štetne tvari se ispuštaju u zrak bez ispusta/dimnjaka (uređaji, određene aktivnosti, površine i druga mjesta)

- *pokretne emisijske izvore* (motorna vozila, šumarski, poljoprivredni traktori i necestovni pokretni strojevi, lokomotive, plovni objekti i zrakoplovi).<sup>2</sup>

Propisima iz područja zaštite zraka propisana je obveza praćenja sljedećih štetnih tvari u zraku: lebdećih čestica (PM), sumporova dioksida (SO<sub>2</sub>), dušikova dioksida (NO<sub>2</sub>), ugljikova dioksida (CO<sub>2</sub>), ugljikova monoksida (CO), nemetanskih hlapljivih organskih spojeva (NMHOS), metana (CH<sub>4</sub>), benzena, ozona (O<sub>3</sub>) te prisutnost arsena (As), olova (Pb), kadmija (Cd), nikla (Ni), talija (Tl) i žive (Hg) u ukupnoj taložnoj tvari (UTT). U nastavku će se dati kratki osvrt na svojstva i izvore pojedinih štetnih tvari.

*Lebdeće čestice (PM)* su mješavina kemijskih spojeva (morska sol, prašina, crni ugljen, zgusnute čestice određenih kemikalija) i čestica vode. Veličina lebdećih čestica može varirati od 1 do 10 µm. Lebdeće čestice lebde zrakom te pri udisanju prodiru duboko u pluća. Mogu uzrokovati niz oboljenja, uključujući rak (najčešće pluća), moždani udar ili smrt. Stoga se monitoringom prate lebdeće čestice promjera manjeg od 1 µm (PM<sub>1</sub>) koje imaju utjecaj na alveole u plućima, lebdeće čestice promjera manjeg od 2,5 µm (PM<sub>2.5</sub>) koje utječu na dušnik te lebdeće čestice promjera manjeg od 10 µm (PM<sub>10</sub>) koje imaju učinak na područje nosa. Prirodni izvori lebdećih čestica su prašina, šumski požari, vulkani, a umjetni sagorijevanje krutih i fosilnih goriva (drvo, ugljen i td. ), građevinski radovi, automobili, industrija.

*Dušikovi oksidi* su niz spojeva dušika i kisika opće formule NO<sub>x</sub>, a uglavnom se odnose na dušikov monoksid i dušikov dioksid. Dušikov monoksid (NO) je bezbojan plin sa slabim mirisom koji je zapaljiv i djelomično otrovan, dok je dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>) plin crvenkaste boje sa snažnim mirisom te je nezapaljiv. U većim količinama NO<sub>2</sub> je vrlo

toksičan te ozbiljno oštećuje pluća. NO nastaje izgaranjem svih vrsta fosilnih goriva (iz motornih vozila, elektrana itd.), a u atmosferi se brzo oksidira u NO<sub>2</sub> pod djelovanjem fotokemijskih utjecaja i sunčevih zraka uz prisutnost organskih spojeva u zraku te doprinosi nastanku kiselih kiša i smoga. Oba plina imaju negativan utjecaj na jetru, krv i slezenu. Izloženost visokim koncentracijama izaziva kašalj, vrtoglavicu, grlobolju te bolove u trbušnoj šupljini i prsima.

*Ozon (O<sub>3</sub>)* je vrlo oksidirajući plin sastavljen od tri atoma kisika. Nastaje kao prirodan i umjetan proizvod. U Zemljinoj gornjoj atmosferi (stratosferi) javlja se kao prirodan kemijski spoj koji štiti Zemljin omotač od štetnog zračenja. U donjim slojevima atmosfere (troposfere) pojavljuje se kao umjetno stvoreni kemijski spoj te se najčešće naziva *prizemni ozon*. *Prizemni ozon* nastaje prvenstveno od fotokemijskih reakcija između dvije glavne skupine onečišćujućih tvari u zraku, hlapljivih organskih spojeva (*engl.* Volatile Organic Compounds, VOC) i dušikovih oksida (NO<sub>x</sub>). Najveće koncentracije prizemnog ozona su u ljetnim mjesecima, a izaziva probleme s disanjem, iritaciju očiju, nosa, grla i bolesti krvožilnog sustava.

Skupina organskih spojeva s dva ili više benzenskih prstenova nazivaju se *policiklički aromatski ugljikovodici* (*engl.* Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, PAH). Mnogi od njih imaju mutagena, a neki i kancerogena svojstva. Nastaju pri nepotpunom sagorijevanju fosilnih i drugih organskih materijala (drva, otpada, pri proizvodnji čelika i koksa) te tako dospijevaju u zrak, vodu, tlo, sediment i hranu. Identificirani su pri pokušaju da se pronađu uzročnici češće pojave raka kože kod dimnjačara i radnika zaposlenih u preradi parafina i katrana kamenog ugljena. U zraku se nalaze u plinovitoj fazi ili vezani na lebdeće čestice manjeg promjera. Pronađeno je nekoliko stotina PAU spojeva, a PAU koji se najčešće mjeri i čija su kancerogena svojstva najviše istraživana je *benzo(a)piren (BaP)*. Uzrokuje probleme s disanjem, astmu te smanjuje funkciju pluća.

*Sumporov dioksid (SO<sub>2</sub>)* je bezbojni plin, oštrog mirisa, topljiv u vodi. Posljedica je izgaranja goriva zbog grijanja, električne struje i prijevoza. Ostali izvori SO<sub>2</sub> su industrijska postrojenja koja dobivaju proizvode od ugljena i nafte. Uklanjanjem sumpora iz goriva mogao bi se u potpunosti riješiti problem emisija SO<sub>2</sub>. Kada se udahne u većim količinama može biti vrlo korozivan na tkivo pluća. Ima negativan utjecaj na krvožilni i dišni sustav. Upala dišnih putova izaziva kašalj, astmu, kronični bronhitis. SO<sub>2</sub> je toksičan pri visokim koncentracijama, a u atmosferi utječe na pojavu kiselih kiša.

*Ugljikov monoksid* je bezbojan i bezmirisan plin koji je slabo topljiv u vodi. Toksičan je, jer se veže za hemoglobin te time smanjuje količinu kisika u krvi. U zraku se veže s kisikom te tako nastaje CO<sub>2</sub>. Gužve u prometu i/ili u podzemnim garažama mogu proizvesti veće količine ugljikova monoksida. Njegovi izvori su spaljivanje organskog materijala (ugljen, plin, drvo, otpad itd.), no najveći izvor su automobili (80%). Dim cigarete je također jedan od njegovih izvora.

*Nemetanski hlapljivi organski spojevi (NMHOS)* značajni su s gledišta stvaranja „prizemnog ozona“ te se nalaze u skupini „prekursori prizemnog ozona“. Najpoznatiji NMHOS su benzen, toluen i ksilen, karcinogeni organski spojevi koji se često nalaze u okolini naftnih postrojenja, skladištima benzina (npr. benzinske postaje, rezervoari benzinskih vozila) i u ispušnim plinovima. Uporaba organskih otapala, cestovni promet, rafinerije i izgaranje drva u kućanstvima, općenito su dominantni u emisiji NMHOS.

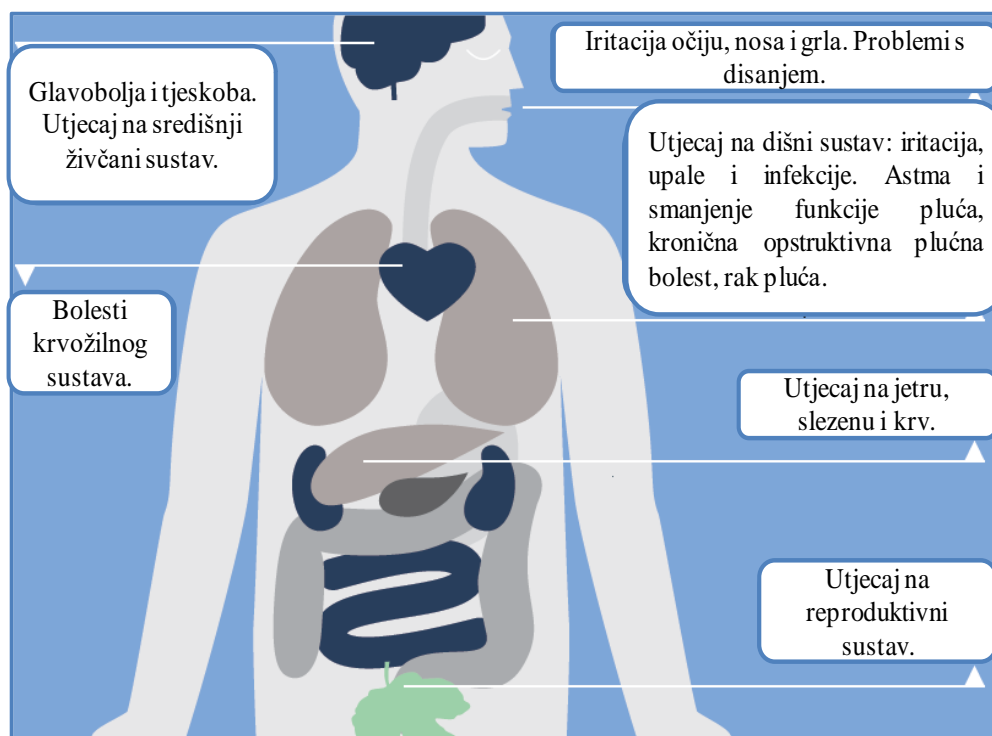
*Ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>)* nastaje prirodnim, ali i ljudskim aktivnostima kao što su izgaranje fosilnih goriva i biomase te sječa šuma što remeti prirodnu ravnotežu pa dolazi do dodatnog globalnog zagrijavanja (efekt staklenika). Najveći udio u emisiji stakleničkih plinova iz antropogenih izvora (64 %) ima upravo CO<sub>2</sub>.

*Teški metali* obuhvaćaju prioritetne teške metale kao što su olovo (Pb), kadmij (Cd) i živa (Hg) te ostale teške metale kao što su arsen (As), krom (Cr), bakar (Cu), nikal (Ni), selen (Se) i cink (Zn). Teški metali se prenose atmosferom na velike udaljenosti i vrlo su postojani, tako da cjelokupan iznos emisije prije ili kasnije dopijeva u tlo ili vode. Zbog svoje postojanosti, visoke otrovnosti i sklonosti akumuliranju u ekosustavu, opasni su i za žive organizme. Emisije prioritetnih metala uglavnom su posljedica izgaranja goriva. Veličina emisije ovisi o vrsti i količini goriva koje izgara pa će tako emisija Cd biti veća ukoliko je promatrane godine korišteno više loživog ulja, dok će emisija Hg rasti s većom potrošnjom prirodnog plina. Izvori emisija ostalih teških metala su različiti pa tako do emisije As, Cr i Ni dolazi zbog njihove prisutnosti u krutom gorivu i loživim uljima. Cu i Zn se najviše emitiraju pri izgaranju biomase u sektoru kućanstva te uslijed trošenja kočnica i guma vozila, a Se pri izgaranju tekućih goriva.

Nakon što štetne tvari dopiju u okoliš, dalje se mogu prenositi zrakom, vodom, tlom, hranom, živim organizmima ili različitim proizvodima. Kada štetna tvar uđe disanjem, adsorpcijom kroz kožu ili probavom u ljudski organizam može uzrokovati niz zdravstvenih problema. Uzroci onečišćenja zraka na zdravlje čovjeka mogu se svrstati u dvije skupine:

- *Akutni učinci* koji se naglo razvijaju zbog povećanja koncentracije onečišćenja kao posljedica industrijskih incidenata ili nepovoljnih meteoroloških uvjeta
- *Kronični učinci* javljaju se zbog svakodnevne izloženosti maloj koncentraciji onečišćujućih tvari.

Učinci na ljudsko zdravlje mogu varirati od nelagode, blago bolesnog stanja pa sve do smrti. Prisutne su razlike u osjetljivosti među ljudima, jer nisu svi ljudi na isti način pogođeni štetnim utjecajima iz okoliša. One mogu ovisiti o brojnim čimbenicima kao što su dob, stanje uhranjenosti, opće stanje zdravlja, tako da će na zdravlje male djece, starijih osoba, trudnica, osoba s određenim kroničnim bolestima brže utjecati štetne tvari iz okoliša. Kratka izloženost umjereno onečišćenom zraku ne uzrokuje velike posljedice na zdravlje, dok dugotrajno izlaganje može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema. Najčešće se javljaju bolesti dišnog sustava (astma, alergija, plućne bolesti), srčane bolesti, bolesti kože, bolesti osjetila i rak. Na slici 1.3. dat je slikovit prikaz utjecaja štetnih tvari u zraku poput lebdećih čestice (PM), dušikova(II) oksida, sumporova(II) oksida, benzo(a) pirena te prizemnog ozona na zdravlje ljudi.<sup>9-12</sup>



Slika 1.3. Utjecaj onečišćujućih tvari prisutnih u zraku na zdravlje ljudi.<sup>13</sup>

Budući je prisutnost štetnih tvari u zraku povezana s velikim brojem zdravstvenih problema - od blagih do fatalnih, od akutnih do kroničnih, propisane su

granične vrijednosti (GV) koncentracija štetnih tvari u zraku s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi prema Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku,<sup>14</sup> a kratki pregled za odabrane štetne tvari dat je u tablici 1.2.

Tablica 1.2. Propisane granične vrijednosti koncentracija za odabrane štetne tvari u zraku.<sup>15</sup>

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Granična vrijednost (GV)
Sumporov(IV) oksid	1 sat	350 µg/m <sup>3</sup>
	24 sata	125 µg/m <sup>3</sup>
Dušikov(IV) oksid	1 sat	200 µg/m <sup>3</sup>
	Kalendarska godina	40 µg/m <sup>3</sup>
Ugljikov(II) oksid	Maksimalna dnevna 8-satna srednja vrijednost	10 mg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	24 sata	50 µg/m <sup>3</sup>
	Kalendarska godina	40 µg/m <sup>3</sup>
Benzen	Kalendarska godina	5 µg/m <sup>3</sup>
Olovo u PM <sub>10</sub>	Kalendarska godina	0,5 µg/m <sup>3</sup>
Ukupna plinovita živa	Kalendarska godina	1 µg/m <sup>3</sup>

Napomena: Vrijeme usrednjavanja podrazumjeva vremensko razdoblje za koje se postupkom mjerenja dobiva jedna vrijednost.

Iako se emisije štetnih tvari nastoje smanjiti, danas u svijetu umire oko 3 milijuna ljudi zbog posljedica zagađenja zraka, što predstavlja 5% od ukupne godišnje smrtnosti. Stoga je nužno provoditi monitoring kakvoće zraka.

## 1.5. Procjenjivanje i praćenje kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj

Procjenjivanje kakvoće zraka je postupak koji se koristi za mjerenje, izračunavanje ili predviđanje (procjenjivanje) razine onečišćenosti. U Republici Hrvatskoj se razina onečišćenosti zraka procjenjuje analizom postojećeg stanja na osnovi rezultata mjerenja provedenih u razdoblju od najmanje pet godina, na osnovi indikativnih mjerenja, primjenom standardiziranih matematičkih modela i drugih metoda procjene koje se primjenjuju na području Europske unije.

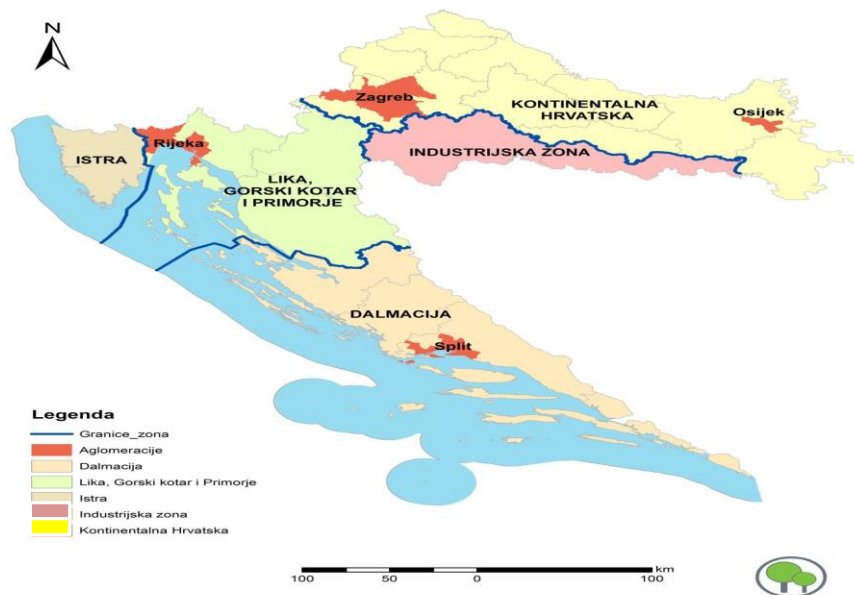


Praćenje kakvoće zraka, kao sustavnog mjerenja i/ili procjenjivanja razine onečišćenosti prema prostornom i vremenskom rasporedu, prati se na osnovi:

- mjerenja na stalnim mjernim mjestima i/ili ocjene razina onečišćenosti zraka u zonama i aglomeracijama
- mjerenja na stalnim mjernim mjestima i/ili ocjene razina onečišćenosti zraka uslijed daljinskog i prekograničnog prijenosa štetnih tvari u zraku i oborini na području Republike Hrvatske
- mjerenja i analize meteoroloških uvjeta i kakvoće zraka
- mjerenja i opažanja promjena koje ukazuju na učinak onečišćenosti zraka na tlu, biljkama, građevinama, u biološkim nalazima, i sl.
- modeliranja prijenosa i disperzije štetnih tvari odgovarajućim atmosferskim modelima
- drugih metoda procjene i mjerila koje se primjenjuju na području Europske unije.

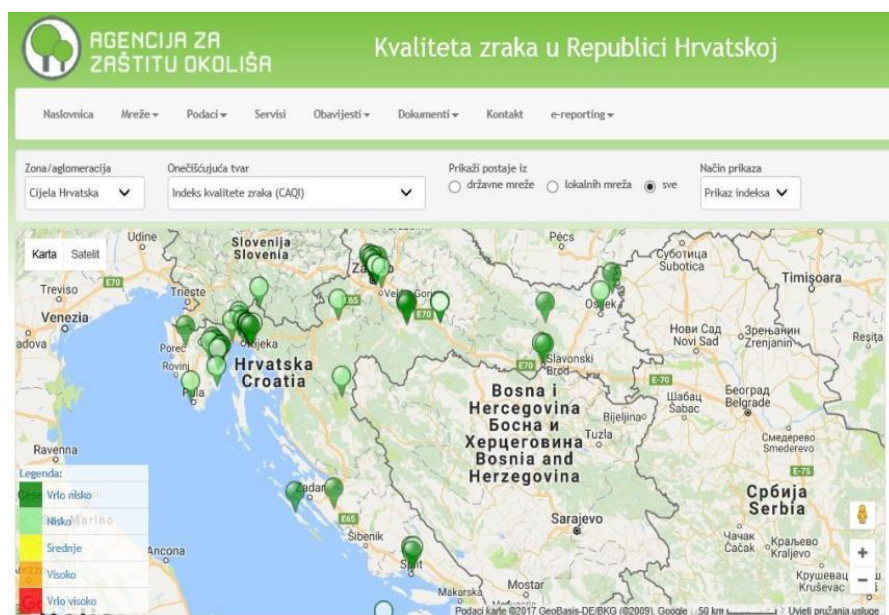
Procjenu kakvoće zraka osigurava Ministarstvo dok praćenje kakvoće zraka, praćenje emisija štetnih tvari u zrak iz nepokretnih izvora, provjeru ispravnosti mjernog sustava za kontinuirano mjerenje emisija iz nepokretnih izvora te praćenje kvalitete proizvoda obavljaju pravne osobe i/ili ispitni laboratoriji.<sup>16</sup>

Praćenje i procjenjivanje kakvoće zraka provodi se u zonama i aglomeracijama na području Republike Hrvatske, prema Uredbi o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Republike Hrvatske, a pregled zona i aglomeracija je prikazan na slici 1.4.



Slika 1.4. Zone i aglomeracije u Republici Hrvatskoj.<sup>17</sup>

Procjenjivanje kakvoće zraka provodi se za prizemni ozon, ugljikov monoksid, olovo, benzen, sumporov dioksid, dušikove okside, živu, nikal, olovo, kadmij i benzo(a) piren. U zonama i aglomeracijama kakvoća zraka se prati pomoću državne i lokalne mreže. Državna mreža je sastavni dio praćenja stanja okoliša, financira se iz državnog proračuna i njezinim radom upravlja Državni hidrometeorološki zavod. Podatci iz državne mreže objavljuju se na stranicama Hrvatske Agencije za okoliš i prirodu, a sastavni su dio Informacijskog sustava zaštite zraka (slika 1.5.).



Slika 1.5. Praćenje kakvoće zraka u Republici Hrvatskoj preko web stranice Hrvatske Agencije za okoliš i prirodu.<sup>18</sup>

Prema Pravilniku o praćenju kvalitete zraka<sup>19</sup> za stalno mjerno mjesto iz lokalne mreže pravna osoba i/ili ispitni laboratorij mora za svaku kalendarsku godinu izraditi izvješće o praćenju kakvoće zraka. Isto tako za sva mjerna mjesta iz državne mreže referentni laboratorij mora za svaku kalendarsku godinu izraditi izvješće o praćenju kakvoće zraka. Zakonska obveza Državnog hidrometeorološkog zavoda za državnu mrežu i nadležnog upravnog tijela za lokalnu mrežu je dostaviti izvješća u Agenciju do 30. travnja tekuće godine za prethodnu kalendarsku godinu.

Procjenjivanje razine onečišćenosti zraka provodi se na cijelom teritoriju Republike Hrvatske. Na mjestima gdje razina onečišćenosti ne prelazi gornju ili donju granicu procjenjivanja ocjenjuje se primjenom metoda matematičkog modeliranja ili drugih metoda prihvaćenima u svijetu. U naseljenim mjestima, zatim u mjestima gdje se pojavljuju kritične razine i mjestima gdje razina onečišćenosti prelazi tolerantnu vrijednost, ocjenjivanje se provodi mjerenjem.

Prema razinama onečišćenosti, s obzirom na propisane granične vrijednosti (GV), tolerantne vrijednosti (TV), ciljne i dugoročne ciljeve za ozon utvrđuju se sljedeće kategorije kakvoće zraka:

- *Kategorija prve kakvoće zraka* - nema prekoračenja graničnih vrijednosti kao ni dugoročnih ciljeva - zrak je čist ili neznatno onečišćen.
- *Kategorija druge kakvoće zraka* - nema prekoračenja tolerantnih i ciljnih vrijednosti, prekoračene su granične vrijednosti i dugoročni ciljevi za ozon - zrak je umjereno onečišćen.

Podatci o onečišćenju okoliša prikupljaju se u Registru onečišćavanja okoliša (ROO). ROO je izrađen sukladno Pravilniku o Registru onečišćavanja okoliša<sup>20</sup> i definiran je kao jedinstveni registar o ispuštanju i/ili prijenosu onečišćujućih tvari u sastavnice okoliša: zrak, vodu, more, tlo te proizvodnji, skupljanju i obradi otpada. Pravilnikom su definirani obvezni sadržaj i način vođenja ROO, metodologije i rokovi prikupljanja i dostavljanja podataka o ispuštanju, prijenos onečišćujućih tvari u okoliš, podatci o otpadu, tvrtki, postrojenju, onečišćivaču, organizacijskoj jedinici u sustavu onečišćivača, obveznicima dostave podataka, način provjere, osiguranje kvalitete podataka, rok i način obavješćavanja javnosti i obavljanje stručnih poslova vođenja ROO. Ovi podatci prikupljaju se iz širokog spektra industrijskih i neindustrijskih djelatnosti, stoga je brojnost i raznovrsnost podataka vrlo velika. Zbog toga se ROO smatra vrlo značajnim izvorom podataka. Neophodan je županijskim i državnim

tijelima, javnim ustanovama i drugim nositeljima odluka. Daje uvid u stanje i trendove u okolišu te pomaže u donošenju odluka o pitanju zaštite okoliša.<sup>17, 21-24</sup>

Pristup podacima baze ROO omogućen je na više načina:

- izravnim pristupom putem internet preglednika ROO
- neizravnim pristupom putem godišnjih Izvješća o podacima ROO.

Objava podataka, putem raznih publikacija, priopćenja, izvješća i internet preglednika pridonosi transparentnosti i informiranosti javnosti.

## **1.6. Indeks kakvoće zraka**

Indeks kakvoće zraka (AQI) je relativna mjera onečišćenja zraka, koja može imati vrijednosti u rasponu od 0 (vrlo niska) do > 100 (vrlo visoka). Sastoji od pet razina različitog obojenja:

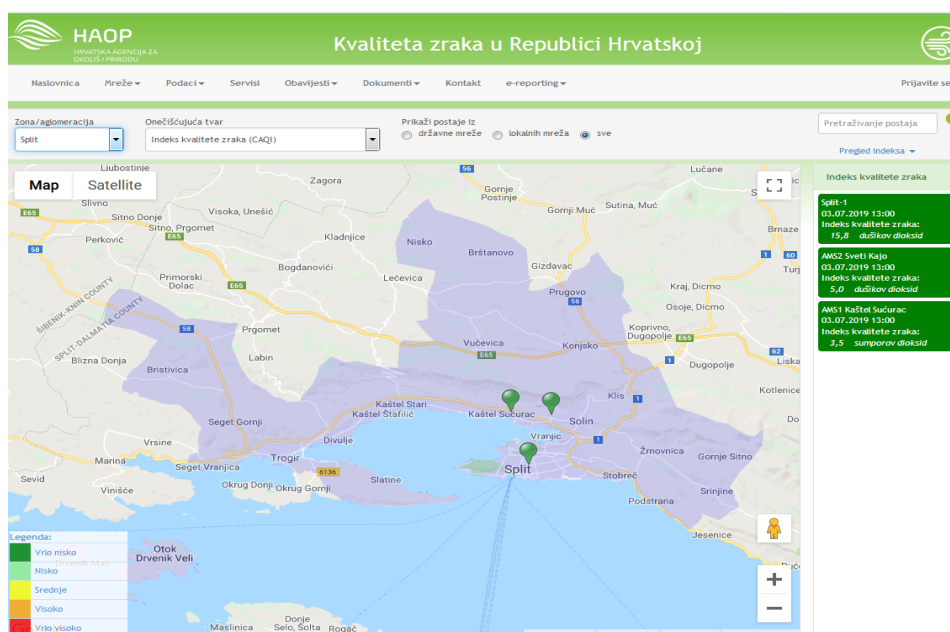
- crvena boja (vrlo visoko onečišćenje)
- narančasta (visoko onečišćenje)
- žuta (srednje onečišćenje)
- svijetlo zelena (nisko onečišćenje)
- tamno zelena (vrlo nisko onečišćenje).

Općenito, niže vrijednosti (razine) indeksa označavaju čišći zrak. Vrijednost indeksa ovisi o koncentracijama šest onečišćujućih tvari: dušikova dioksida (NO<sub>2</sub>), sumporova dioksida (SO<sub>2</sub>), ozona (O<sub>3</sub>), lebdećih čestica PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub> te ugljikova monoksida (CO) sukladno Europskom Common Air QualityIndex-u (CAQI). Za svaku onečišćujuću tvar indeks se računa na temelju izmjerene koncentracije. U satu ukupni indeks je najveći indeks neke onečišćujuće tvari u određenom trenutku, na pojedinoj postaji za mjerenje kakvoće zraka. U tablici 1.3. navedene su koncentracije onečišćujućih tvari za određivanje indeksa kakvoće zraka po CAQI metodi.

Tablica 1.3. Tablica za određivanje indeksa kakvoće zraka po CAQI metodi.<sup>25</sup>

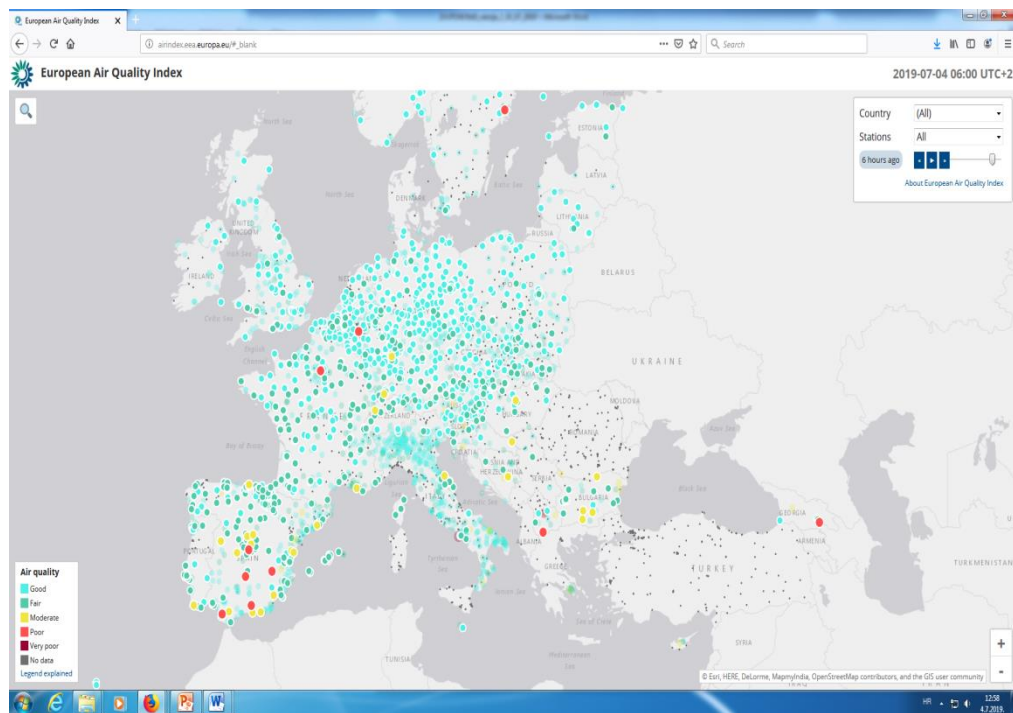
Onečišćenje	Raspon vrijed. indeksa	Koncentracije onečišćujućih tvari ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )							
		NO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>		O <sub>3</sub>	PM <sub>2.5</sub>		CO	SO <sub>2</sub>
		1 h	1 h	24 h	1 h	1 h	24 h	8 h	1 h
<b>Vrlo visoko</b>	> 100	> 400	> 180	> 100	> 240	> 110	> 60	> 20000	> 500
<b>Visoko</b>	75-100	201-400	91-180	51-100	181-240	56-110	31-60	10001-20000	351-500
<b>Srednje</b>	50-75	101-200	51-90	31-50	121-180	31-55	21-30	7501-10000	101-350
<b>Nisko</b>	25-50	51-100	26-50	16-30	61-120	16-30	11-20	5001-7500	51-100
<b>Vrlo nisko</b>	0-25	0-50	0-25	0-15	0-60	0-15	0-10	0-5000	0-50

Na slici 1.6. dan je indeks kakvoće zraka na tri mjerne postaje na području Splita na dan 03.07. 2019. u 13 h, preuzet s web-stanice HAOP-a. S desne strane su prikazane vrijednosti indeksa poredane po veličini. Na vrhu su mjerne postaje s najvišim vrijednostima indeksa, a na dnu s najnižim vrijednostima. Boje se prikazuju prema vrijednosti indeksa. U izborniku "Onečišćujuća tvar" mogu se izabrati pojedine onečišćujuće tvari te su tada na karti prikazane samo one mjerne postaje koje mjere izabranu onečišćujuću tvar. Tada su na desnoj strani ekrana prikazane izmjerene vrijednosti koje su obojane sukladno vrijednosti indeksa za odabranu onečišćujuću tvar. U lijevom donjem uglu prikazana je legenda razine onečišćenja prema bojama indeksa.



Slika 1.6. Indeks kakvoće zraka na tri mjerne postaje na području Splita na dan 03.07.2019. u 13 h.<sup>13</sup>

Europska agencija za okoliš (EEA) i Europska komisija su 2017. objavile novi indeks kakvoće zraka u Europi koji omogućuje korisnicima provjeru trenutne kakvoće zraka u gradovima i regijama diljem Europe, na više od 2 000 postaja. Indeks se sastoji od interaktivne karte (Slika 1.7.) koja prikazuje lokalnu kakvoću zraka na razini postaje baziranu na temelju mjerenja pet ključnih onečišćujućih tvari koje štete zdravlju ljudi i okolišu: lebdeće čestice (PM<sub>2.5</sub> i PM<sub>10</sub>), prizemni ozon (O<sub>3</sub>), dušikov dioksid (NO<sub>2</sub>) i sumporov dioksid (SO<sub>2</sub>).



Slika 1.7. Indeks kakvoće zraka u Europi.<sup>26</sup>

## **2. EKSPERIMENTALNI DIO**

U ovom radu analizirat će se podatci koji ukazuju na stanje onečišćenja zraka na području Splitsko-dalmatinske županije, prikupljeni iz različitih izvora, javno dostupni preko Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode, uz obaveznu naznaku citiranja. Analizirat će se kakvoća zraka u petogodišnjem razdoblju (2013.-2017.), a kao izvor podataka koristiti će se:

- izvješća o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša javno dostupni na web stranici Hrvatske agencije za okoliš i prirodu, HAOP.<sup>27, 17, 21-24</sup>
- godišnja izvješća o praćenju kakvoće zraka na području Republike Hrvatske koje izrađuje Hrvatska agencija za okoliš i prirodu.<sup>28, 13, 29-32</sup>

## **2.1. PODATCI O KOLIČINAMA ISPUŠTENIH ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK U SPLITSKO- DALMATINSKOJ ŽUPANIJI**

Prema izvješćima o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša koju provodi Hrvatska Agencija za okoliš i prirodu (HAOP) analizirane su količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak u Splitsko-dalmatinskoj županiji za razdoblje 2013.-2017. i dane su u tablici 2.1.



Tablica 2.1. Količine ispuštanja onečišćujućih organskih i anorganskih tvari u zrak (kg/god) u Splitsko-dalmatinskoj županiji.<sup>17, 21-24</sup>

Šifra	Onečišćujuća tvar	Količina ispuštanja (kg/god)				
		2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
201	Oksidi sumpora izraženi kao sumporov dioksid (SO <sub>2</sub> )	168.195,84	123.841,57	77.774,50	58.901,24	94.125,60
202	Oksidi dušika izraženi kao dušikov dioksid (NO <sub>2</sub> )	1.612.182,46	1.851.849,20	1.667.941,01	941.048,79	1.240.508,43
203	Ugljikov monoksid (CO)	1.916.640,76	2.663.593,63	2.525.628,72	2.818.817,40	3.736.038,30
204	Ugljikov dioksid (CO <sub>2</sub> )	1.109.126.172,32	902.757.193,15	936.241.390,20	850.694.911,22	1.099.488.543,84
205	Spojevi klora izraženi kao klorovodik (HCl)	436,72	680,88	566,78	309,67	510,00
206	Spojevi fluora izraženi kao fluorovodik (HF)	398,99	74,75	156,89	53,86	-
304	Nemetanski hlapljivi organski spojevi (NMHOS)	33.956,63	144.269,23	-	-	-
356	Policiklički aromatski ugljikovodici - PAU (PAHs)	39,58	38,80	17,22	29,77	36,68
407	Živa i spojevi (kao Hg)	3,48	24,29	26,38	24,36	30,00
410	Cink i spojevi (kao Zn)	2.638,68	2.586,81	2.179,46	1.984,76	2.445,36
501	Čestice (PM <sub>10</sub> )	72.727,38	49.314,61	43.277,14	29.141,93	46.109,11

Prema izvješćima o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša analizirane su količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak po djelatnostima, u Splitsko-dalmatinskoj županiji u razdoblju od 2013. do 2016., a podatci su sistematizirani u tablicama 2.2.-2.5. Popis šifri i djelatnosti prema obrascima na kojima se prikupljaju podatci dan je u tablici 2.6. Za 2017. godinu, količina ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak po djelatnosti analizirana je korištenjem Nacionalne klasifikacije djelatnosti (NKD),<sup>33</sup> te su podatci sistematizirani u tablici 2.7.

Tablica 2.2. Količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak (kg/god) po djelatnostima, u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2013. godinu.<sup>17</sup>

Djelatnost	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
06 01 03	9,44	6,61	2,75	1.366.550,00	1.258,00
03 03 11	29.506,42	1.554.177,47	1.905.989,02	1.065.861.316,18	47.355,53
06 01 06	-	-	-	-	-
03 01 03	30.211,08	6.886,03	646,14	4.526.588,85	905,51
02 01 03	67.268,80	24.903,67	1.188,72	20.727.523,06	31,64
06 01 09	-	-	-	-	-
04 08 07	1.202,60	496,97	117,45	747.888,79	-
04 08 05	-	60,58	-	38.036,03	-
04 02 07	-	1.742,96	7.135,88	1.103.501,27	22.824,00
04 02 08	-	2.258,62	47,45	2.792.314,00	-
03 03 13	1.478,94	4.048,60	537,79	3.313.293,37	352,70
04 03 09	-	372,20	30,76	659.507,96	-
04 08 03	504,00	537,58	162,29	389.091,50	-
02 03 01	113,52	27,58	9,55	150.400,10	-
01 01 03	1.129,00	152,07	7,52	176.403,80	-
11 01 01	3.934,00	1.329,21	244,05	820.436,50	-
01 03 03	608,03	65,37	301,78	414.145,91	-
01 02 03	32.010,40	14.013,88	119,76	5.129.712,66	-
06 02 03	-	98,39	55,73	101.566,62	-
04 08 02	219,61	290,41	-	489.763,72	-
04 08 01	-	33,34	44,13	0,00	-
05 04 02	-	680,47	-	318.132,00	-

Tablica 2.3. Količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak (kg/god) po djelatnostima, u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2014. godinu.<sup>21</sup>

Djelatnost	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
01 01 03	800,00	73,37	1,61	113.076,35	-
01 02 03	29.201,87	14.338,95	80,60	4.241.619,46	-
01 03 03	747,62	80,38	371,06	509.225,87	-
02 01 03	54.301,71	24.488,47	1.557,67	19.777.398,30	1,80
02 03 01	113,52	133,20	115,17	163.844,54	-
03 01 03	18.587,85	5.582,66	699,51	4.424.415,29	705,53
03 03 11	15.139,67	1.795.312,46	2.318.768,21	867.969.134,31	46.131,47
03 03 13	743,40	75,30	513,00	1.164.596,55	-
03 03 99	114,25	107,07	41,14	219.582,00	-
04 02 07	-	6.766,00	338.270,00	1.691.350,00	330,65
04 02 08	-	1.477,00	1.847,00	-	-
04 03 09	-	82,21	-	618.130,97	-
04 03 99	-	-	-	-	2.145,16
04 08 01	-	420,12	555,98	205.470,72	-
04 08 05	-	61,38	-	38.539,45	-
04 08 07	899,68	838,93	96,06	615.435,76	-
06 01 03	-	1.160,04	483,35	275.646,71	-
06 02 03	-	112,93	63,97	116.580,82	-
11 01 01	3.192,00	738,73	129,31	613.146,05	-

Tablica 2.4. Količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak (kg/god) po djelatnostima, u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2015. godinu.<sup>22</sup>

Djelatnost	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
01 02 03	5.850,13	16.904,65	276,37	3.984.703,50	-
01 03 03	-	-	299,76	395.802,74	-
01 04 03	-	-	435,35	-	-
02 01 03	36.000,00	21.156,78	1.033,40	9.071.307,12	-
02 03 01	-	-	-	93.045,00	-
03 01 03	11.519,40	3.647,01	327,16	4.471.370,01	-
03 03 11	14.964,97	1.622.115,85	2.521.271,50	914.299.923,31	42.804,69
03 03 13	-	-	-	1.430.429,21	472,45
04 03 09	-	-	-	626.488,00	-
04 08 02	-	-	860,16	-	-
04 08 07	9.440,00	741,22	157,21	568.493,31	-
06 01 03	-	2.322,70	967,80	527.494,20	-
11 01 01	-	1.052,80	-	772.333,80	-

Tablica 2.5. Količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak (kg/god) po djelatnostima, u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2016. godinu.<sup>23</sup>

Djelatnost	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
01 02 03	5.175,11	10.766,47	-	3.524.925,20	-
02 01 03	39.391,66	18.624,70	69.772,73	9.134.540,07	-
02 03 01	-	125,51	-	124.255,45	-
03 01 03	170,55	691,87	335,73	3.170.162,56	-
03 03 11	14.163,92	902.099,92	2.746.774,45	831.459.546,46	29.141,93
03 03 13	-	1.404,64	543,13	1.373.905,59	-
04 03 09	-	-	-	643.845,00	-
04 08 02	-	-	717,60	-	-
04 08 07	-	1.025,00	-	751.958,00	-
11 01 01	-	6.310,68	673,76	511.772,89	-

Tablica 2.6. Popis i šifre djelatnosti prema obrascima na kojima su prikupljeni podatci za SDŽ.<sup>13</sup>

<p>PI-Z-1 Ispuštanja u zrak iz proizvodnih procesa bez izgaranja goriva, iz procesa koji uključuju izgaranje goriva kod kojih se produkti izgaranja koriste izravno u proizvodnom procesu i iz procesa obrade otpada</p> <p>02 01 03 - Izgaranje u neindustrijskim postrojenjima <math>\geq 0,1</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 50 MW<sub>t</sub> (mali i srednji uređaji za loženje)</p> <p>03 01 03 - Rafinerije - postrojenja <math>\geq 0,1</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 50 MW<sub>t</sub> (mali i srednji uređaji za loženje)</p> <p>03 03 11 - Izgaranje goriva u proizvodnim procesima s kontaktom - Proizvodnja cementa</p> <p>03 03 13 - Izgaranje goriva u proizvodnim procesima s kontaktom - Proizvodnja asfalta</p> <p>04 02 07 - Procesi u industriji željeza i čelika – čeličana s elektroličnim pećima</p> <p>04 02 08 - Valjaonica</p> <p>04 03 09 - Procesi u industriji metala - vruće cinčanje</p> <p>04 08 05 - Proizvodnja prehrambenih proizvoda biljnog podrijetla (prerada voća, povrća i žitarica uključujući čaj, duhan, kavu i šećer)</p> <p>04 08 07 - Proizvodnja pekarskih i slastičarskih proizvoda</p> <p>06 01 03 - Uporaba boja i lakova u građevinarstvu</p> <p>06 01 06 - Uporaba boja i lakova u brodogradnji</p> <p>06 01 09 - Ostala primjena boja i lakova u industriji</p> <p>06 04 03 - Uporaba otapala i pripadajuće aktivnosti u tiskarskoj industriji</p> <p>11 02 01 - Servis vozila i plovila</p>
<p>PI-Z-2 Ispuštanja u zrak iz proizvodnih procesa koji uključuju izgaranje goriva bez izravnog kontakta produkata izgaranja sa sirovinom</p> <p>02 01 03 - Izgaranje u neindustrijskim postrojenjima trgovina na veliko i malo, hotela, bolnica i ostalih društvenih, socijalnih i osobnih uslužnih djelatnosti, <math>\geq 0,1</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 50 MW<sub>t</sub> (mali srednji uređaji za loženje)</p> <p>02 01 05 - Izgaranja - stacionarni motori s unutarnjim izgaranjem</p> <p>02 03 01 - Izgaranja u neindustrijskim postrojenjima poljoprivrede i šumarstva, postrojenja <math>\geq 50</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 300 MW<sub>t</sub> (veliki uređaji za loženje)</p> <p>03 13 - Izgaranje goriva u proizvodnim procesima s kontaktom - Proizvodnja asfalta</p> <p>03 03 13 - Izgaranje goriva u procesima s kontaktom - Proizvodnja asfalta</p> <p>04 03 09 - Procesi u industriji metala - vruće cinčanje</p> <p>04 08 03 - Obrada i prerada mlijeka</p> <p>04 08 07 - Proizvodnja pekarskih i slastičarskih proizvoda</p> <p>06 01 02 - Uporaba boja i lakova pri popravku vozila (neserijsko lakiranje i sušenje)</p>
<p>PI-Z-3 Ispuštanja u zrak iz procesa izgaranja goriva za dobivanje toplinske i/ili električne energije</p> <p>01 01 03 - Izgaranje u termoenergetskim objektima i industrijskim postrojenjima za pretvorbu energije, postrojenja <math>\geq 0,1</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 50 MW<sub>t</sub> (mali i srednji uređaji za loženje)</p> <p>01 02 00 - Izgaranje u javnim toplanama</p> <p>01 02 03 - Izgaranje u javnim toplanama - postrojenja <math>\geq 0,1</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 50 MW<sub>t</sub> (mali i srednji uređaji za loženje)</p> <p>01 03 03 - Izgaranja u rafinerijama - postrojenja <math>\geq 0,1</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 50 MW<sub>t</sub> (mali i srednji uređaji za loženje)</p> <p>01 04 03 - Izgaranja u postrojenjima za transformaciju krutog goriva <math>\geq 0,1</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 50 MW<sub>t</sub> (mali i srednji uređaji za loženje)</p> <p>02 01 00 - Izgaranje u neindustrijskim postrojenjima trgovina na veliko i malo, hoteli, bolnice i ostale društvene, socijalne i osobne uslužne djelatnosti</p> <p>02 01 03 - Izgaranje u neindustrijskim postrojenjima trgovina na veliko i malo, hoteli, bolnice i ostale društvene, socijalne i osobne uslužne djelatnosti - postrojenja <math>\geq 0,1</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 50 MW<sub>t</sub> (mali i srednji uređaji za loženje)</p> <p>02 01 06 - Izgaranja u trgovinama na veliko i malo, hoteli, bolnice i ostale društvene, socijalne i osobne uslužne djelatnosti - ostala stacionarna oprema</p> <p>02 0202 - Izgaranja u kućanstvima - postrojenja <math>\geq 0,1</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 50 MW<sub>t</sub> (mali i srednji uređaji za loženje)</p> <p>02 03 01 - Izgaranja u neindustrijskim postrojenjima poljoprivrede i šumarstva <math>\geq 50</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 300 MW<sub>t</sub> (veliki uređaji za loženje)</p> <p>02 03 02 - Izgaranja u neindustrijskim postrojenjima poljoprivrede i šumarstva <math>\geq 0,1</math> MW<sub>t</sub> i &lt; 50 MW<sub>t</sub> (mali i srednji uređaji za loženje)</p> <p>03 01 03 - Izgaranja goriva u industrijskim toplanama i kotlovnica, postrojenja <math>\geq 0,1</math> MW<sub>t</sub> i &lt;</p>

50 MWt (mali i srednji uređaji za loženje)
03 03 11 - Izgaranje goriva u proizvodnim procesima s kontaktom - Proizvodnja cementa
04 03 99 - Procesi u industriji metala - nespecificirano
04 08 01 - Klaonice
04 08 02 - Proizvodnja prehrambenih proizvoda životinjskog podrijetla (osim mlijeka)
05 04 02 - Distribucija tekućih goriva (osim benzina) - Ostalo rukovanje i skladištenje (uključujući naftovod)
06 02 03 - Odmašćivanje, suho čišćenje i proizvodnja elektroničkih uređaja - Proizvodnja elektroničkih komponenata
11 01 01 - Održavanje građevina i postrojenja

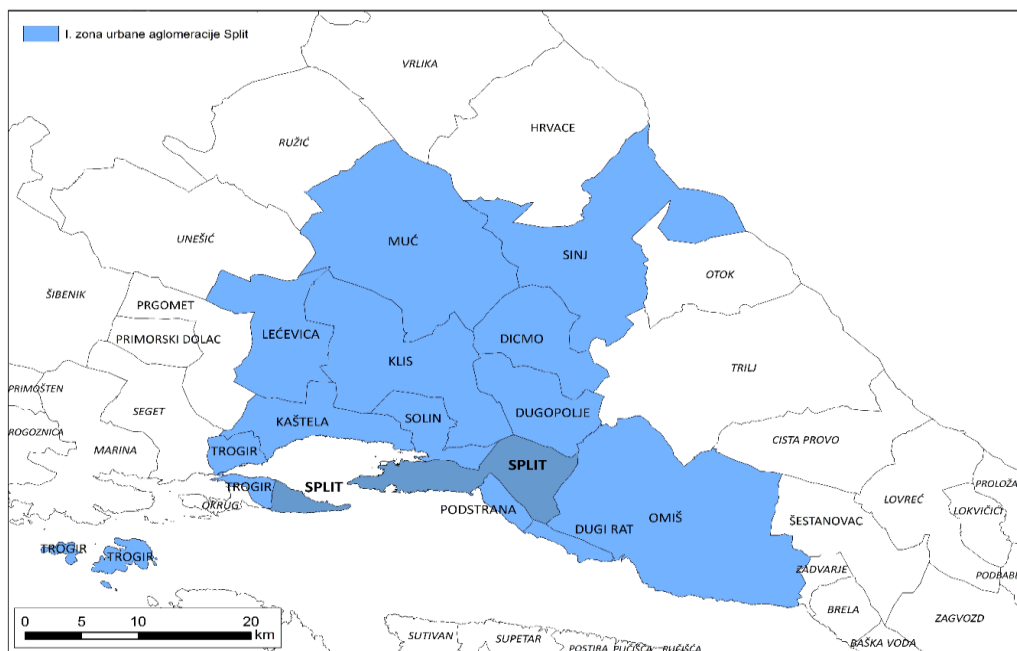
Tablica 2.7. Količine ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak (kg/god) po Nacionalnoj klasifikaciji djelatnosti (NKD), u Splitsko-dalmatinskoj županiji za 2017. godinu.<sup>24</sup>

NKD	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>	PM <sub>10</sub>
08.11	-	-	732,95	1.258.301,00	-
10.20	-	1.426,19	6.664,64	1.701.532,14	-
10.41	-	-	597,56	-	-
10.71	-	1.238,12	1.222,13	1.881.114,29	-
14.14	-	-	-	853.822,70	-
23.51	22.869,92	1.217.643,95	3.721.353,04	1.075.637.077,29	45.879,32
25.61	-	1.730,08	452,38	4.748.610,96	-
55.10	-	1.148,94	459,57	880.381,53	229,79
84.22	7.369,36	16.541,54	339,48	4.947.132,93	-
86.10	63.886,32	779,61	4.216,55	6.792.034,36	-
96.01	-	-	-	788.536,64	-

## 2.2. PODATCI O KAKVOĆI ZRAKA NA PODRUČJU AGLOMERACIJE SPLIT

Godišnja izvješća o praćenju kakvoće zraka na području Republike Hrvatske koje izrađuje Hrvatska Agencija za okoliš i prirodu, dostupna su na web stranici (<http://iszz.azo.hr/iskzl/godizvrpt.htm?pid=0&t=2>). Izvješće se izrađuje u tekućoj godini za prethodnu kalendarsku godinu i sadrži ocjene kakvoće zraka po zonama i aglomeracijama s mjernih mjesta te podatke o koncentracijama onečišćujućih tvari. Na temelju Zakona o zaštiti zraka i Pravilnika o praćenju kakvoće zraka mjerenje onečišćujućih tvari se obavlja u državnoj mreži te lokalnim mrežama.

Aglomeracija Split obuhvaća područje grada Splita, Kaštela, Solina, Trogira, Sinja, Omiša te Općine Klis, Podstrana, Seget, Lećevica, Muć, Dicmo, Dugopolje, Dugi Rat, što je prikazano na slici 2.1. Mjerenja su provedena u lokalnoj mreži na mjernoj postaji Poljud (2013.), Gripe (2014., 2015.) te Karepovac od Čistoće d.d. (2017.) i na automatskim mjernim postajama AMS 1- Kaštel Sućurac, AMS 2 - Sv. Kajo i AMS 3 - Split centar koje pripadaju mjernoj mreži Cemex-a. Podatci o kakvoći zraka u Splitsko-dalmatinskoj županiji za razdoblje 2013.-2017. Dani su u tablicima 2.8.-2.12.<sup>34</sup>



Slika 2.1. Konačni obuhvat urbane aglomeracije Split.<sup>34</sup>

Tablica 2.8. Kategorije kakvoće zraka u aglomeraciji Split za 2013. godinu.<sup>13</sup>

Mjerna mreža	Mjerna postaja	Onečišćujuća tvar	Kategorija kvalitete zraka
Mjerna mreža Cemex-a	AMS 1-Kaštel Sućurac	SO <sub>2</sub>	I kategorija
		PM <sub>10</sub>	I kategorija
		PM <sub>2,5</sub>	I kategorija
	AMS 2 - Sv. Kajo	*PM <sub>2,5</sub>	I kategorija
	AMS 3 - Split-centar	*PM <sub>10</sub>	I kategorija
Lokalna mreža Grada Splita	Poljud	SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	II kategorija

Napomena: \* - označava uvjetnu kategorizaciju na mjernim mjestima gdje je obuhvat podataka bio veći od 75%, a manji od 90% te je kategorizacija navedena kao uvjetna.

Tablica 2.9. Kategorije kakvoće zraka u aglomeraciji Split za 2014. godinu.<sup>29</sup>

Mjerna mreža	Mjerna postaja	Onečišćujuća tvar	Kategorija kvalitete zraka
Mjerna mreža Cemex-a	AMS 1- Kaštel Sućurac	*PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>10</sub> (auto.)	I kategorija
		*PM <sub>2.5</sub> (auto.)	I kategorija
		*Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		*Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		*As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		*Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija
	AMS 2 - Sv. Kajo	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>10</sub> (auto.)	I kategorija
		*PM <sub>2.5</sub> (auto.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija
	AMS 3 - Split-centar	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>10</sub> (auto.)	I kategorija
		PM <sub>2.5</sub> (grav.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija
Lokalna mreža Grada Splita	Gripe	SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija

Napomena: \* - označava uvjetnu kategorizaciju na mjernim mjestima gdje je obuhvat podataka bio veći od 75%, a manji od 90% te je kategorizacija navedena kao uvjetna; PM<sub>10</sub> (grav.) - mjereno gravimetrijski; PM<sub>10</sub> (auto.) - mjereno automatskim analizatorima.



Tablica 2.10. Kategorije kakvoće zraka u aglomeraciji Split za 2015. godinu.<sup>30</sup>

Mjerna mreža	Mjerna postaja	Onečišćujuća tvar	Kategorija kvalitete zraka
Mjerna mreža Cemex-a	AMS 1- Kaštel Sućurac	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>2.5</sub> (grav.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		*SO <sub>2</sub>	I kategorija
		*NO <sub>2</sub>	I kategorija
	AMS 2 - Sv. Kajo	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>2.5</sub> (grav.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		*SO <sub>2</sub>	I kategorija
		*NO <sub>2</sub>	I kategorija
	AMS 3 - Split- centar	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>2.5</sub> (auto.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija
Lokalna mreža Grada Splita	Gripe	SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija

Napomena: \* - označava uvjetnu kategorizaciju na mjernim mjestima gdje je obuhvat podataka bio veći od 75%, a manji od 90% te je kategorizacija navedena kao uvjetna; PM<sub>10</sub> (grav.) - mjereno gravimetrijski; PM<sub>10</sub> (auto.) - mjereno automatskim analizatorima.

Tablica 2.11. Kategorije kakvoće zraka u aglomeraciji Split za 2016. godinu.<sup>31</sup>

Mjerna mreža	Mjerna postaja	Onečišćujuća tvar	Kategorija kvalitete zraka
Mjerna mreža Cemex-a	AMS 1- Kaštel Sućurac	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>2.5</sub> (grav.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija
	AMS 2 - Sv. Kajo	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>2.5</sub> (grav.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija
	AMS 3 - Split-centar	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>2.5</sub> (auto.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija

Napomena: \* - označava uvjetnu kategorizaciju na mjernim mjestima gdje je obuhvat podataka bio veći od 75%, a manji od 90% te je kategorizacija navedena kao uvjetna; PM<sub>10</sub> (grav.) - mjereno gravimetrijski; PM<sub>10</sub> (auto.) - mjereno automatskim analizatorima.

Tablica 2.12. Kategorije kakvoće zraka u aglomeraciji Split za 2017. godinu.<sup>32</sup>

Mjerna mreža	Mjerna postaja	Onečišćujuća tvar	Kategorija kvalitete zraka
Mjerna mreža Cemex-a	AMS 1- Kaštel Sućurac	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>2.5</sub> (grav.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija
	AMS 2 - Sv. Kajo	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>2.5</sub> (grav.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija
	AMS 3 - Split-centar	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		PM <sub>2.5</sub> (grav.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		SO <sub>2</sub>	I kategorija
		NO <sub>2</sub>	I kategorija
Čistoća d.d.	Karepovac	PM <sub>10</sub> (grav.)	I kategorija
		Pb u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Cd u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		As u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		Ni u PM <sub>10</sub>	I kategorija
		H <sub>2</sub> S	I kategorija

Napomena: PM<sub>10</sub> (grav.) - mjereno gravimetrijski.

### **3. OBRADA REZULTATA I RASPRAVA**

### 3.1. ANALIZA PODATAKA O KOLIČINAMA ISPUŠTENIH ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK U SPLITSKO-DALMATINSKOJ ŽUPANIJI

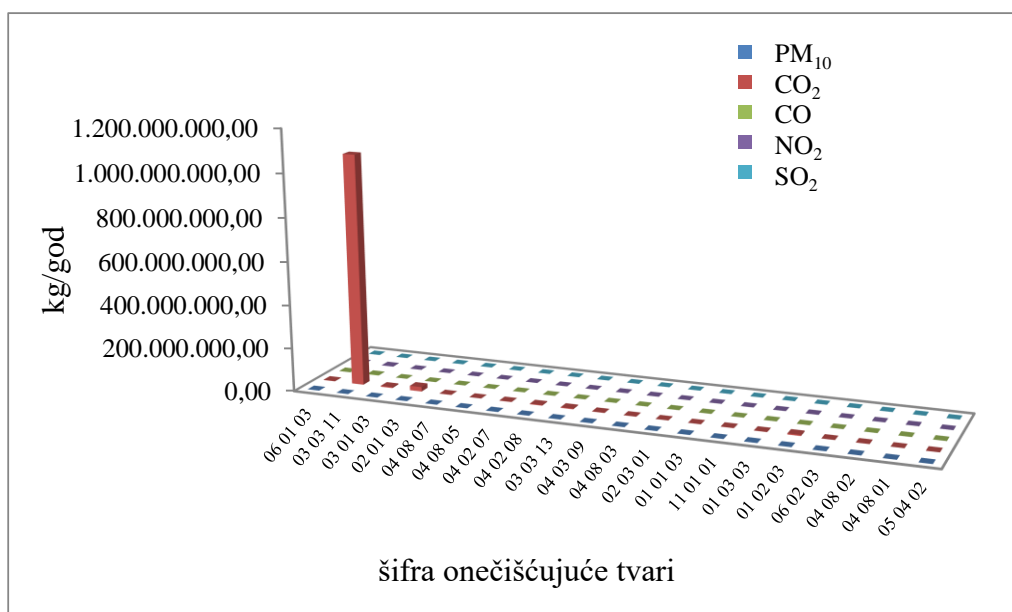
Temeljem podataka o količinama ispuštanja onečišćujućih organskih i anorganskih tvari u zrak u Splitsko-dalmatinskoj županiji za razdoblje 2013.-2017. danih u tablici 2.1. izračunata je zastupljenost ispuštanja štetnih tvari u zrak (u postocima), a rezultati su prikazani u tablici 3.1.

Tablica 3.1. Zastupljenost ispuštanja štetnih tvari u zraku u Splitsko-dalmatinskoj županiji za razdoblje 2013.-2017.

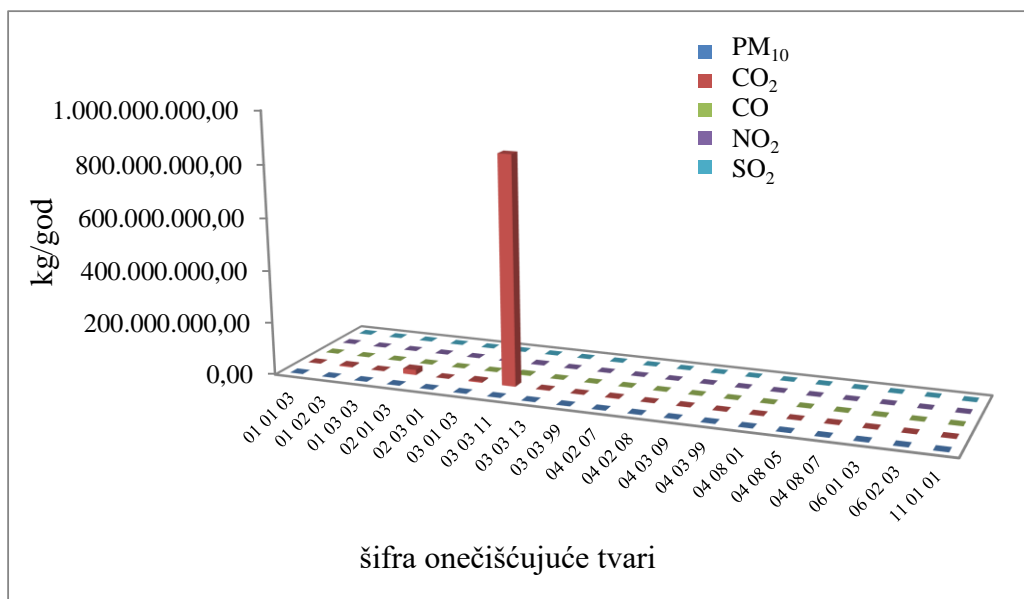
Šifra	Onečišćujuća tvar	Zastupljenost ispuštanja (%)				
		2013.	2014.	2015.	2016.	2017.
201	Oksidi sumpora izraženi kao sumporov dioksid (SO <sub>2</sub> )	0,015	0,014	0,008	0,007	0,009
202	Oksidi dušika izraženi kao dušikov dioksid (NO <sub>2</sub> )	0,144	0,204	0,177	0,110	0,112
203	Ugljikov monoksid (CO)	0,172	0,293	0,269	0,330	0,338
204	Ugljikov dioksid (CO <sub>2</sub> )	99,658	99,467	99,541	99,550	99,537
205	Spojevi klora izraženi kao klorovodik (HCl)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
206	Spojevi fluora izraženi kao fluorovodik (HF)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	-
304	Nemetanski hlapljivi organski spojevi (NMHOS)	0,003	0,016	-	-	-
356	Policiklički aromatski ugljikovodici - PAU (PAHs)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
407	Živa i spojevi (kao Hg)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
410	Cink i spojevi (kao Zn)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
501	Čestice (PM <sub>10</sub> )	0,006	0,005	0,005	0,003	0,004

Na području aglomeracije Split najveća je prijavljena količina ispuštanja ugljikova dioksida (CO<sub>2</sub>) i to > 99 % u odnosu na ukupnu količinu ostalih ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak. Ostale onečišćujuće tvari čije su emisije zabilježene su CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, nemetalni hlapljivi organski spojevi (NMHOS) te u manjim količinama fluorovodici i klorovodici, policiklički aromatski ugljikovodici te teški metali (živa i cink). Također, analiza podataka za najzastupljenije onečišćujuće tvari za razdoblje 2013.-2017. ukazuje na smanjenje u prijavljenim količinama CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i PM<sub>10</sub> u zrak, količina NO<sub>2</sub> oscilira, dok količine CO imaju trend rasta.

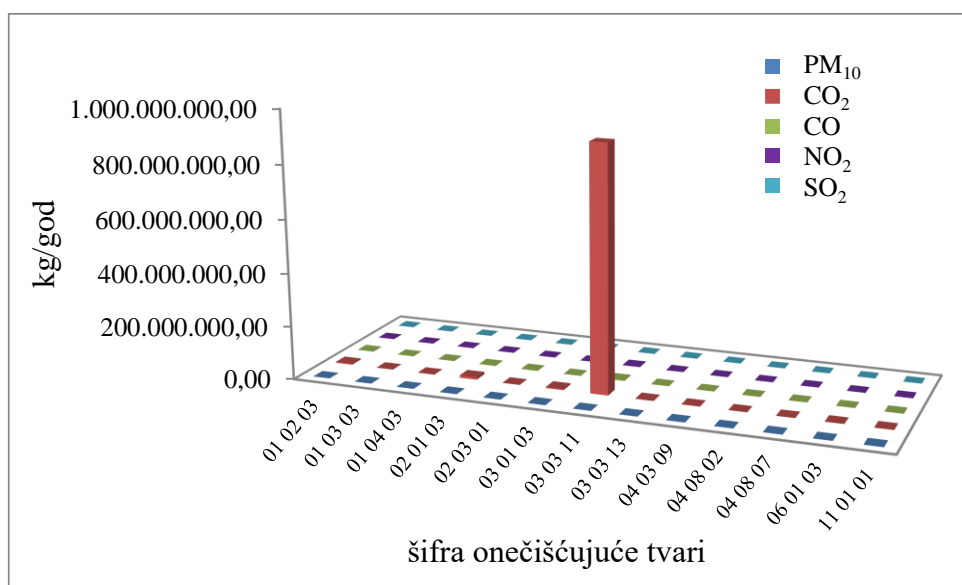
Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> i PM<sub>10</sub>) po djelatnosti na području Splitsko-dalmatinske županije u razdoblju od 2013. do 2016. godine prikazane su na slikama 3.1.-3.4., a za 2017. godinu na slici 3.5.



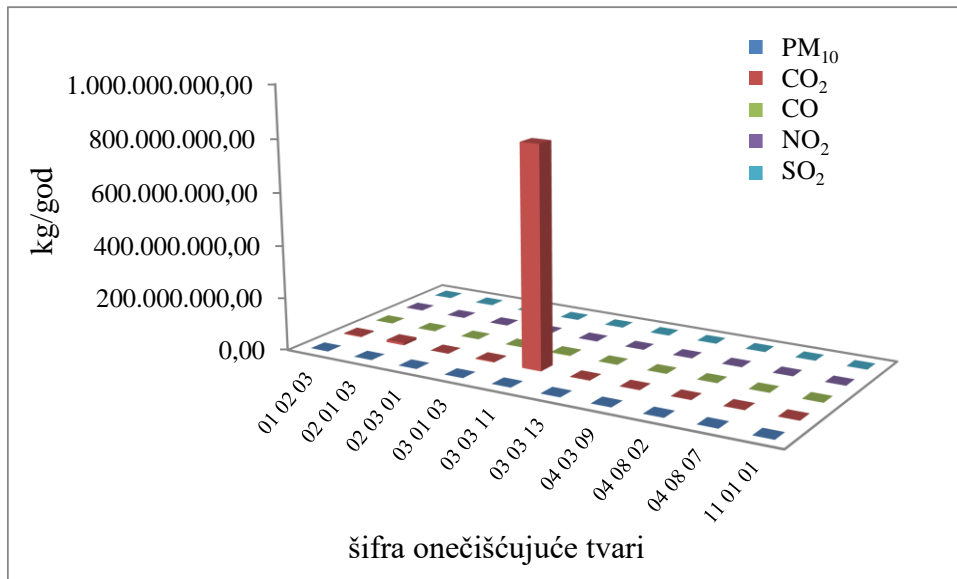
Slika 3.1. Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak za 2013. godinu.



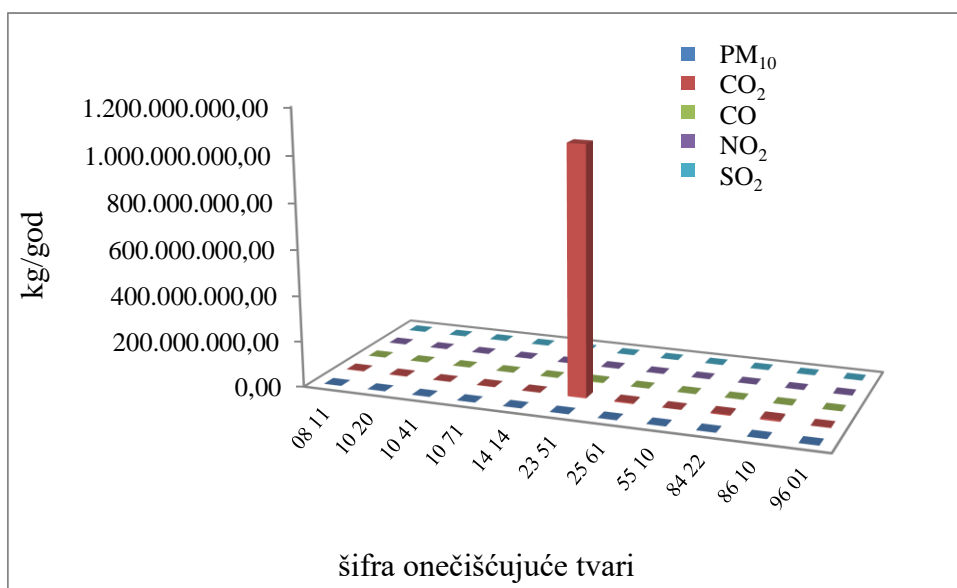
Slika 3.2. Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak za 2014. godinu.



Slika 3.3. Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak za 2015. godinu.



Slika 3.4. Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak za 2016. godinu.



Slika 3.5. Grafički prikaz ovisnosti ispuštenih količina najzastupljenijih onečišćujućih tvari u zrak za 2017. godinu.



Vidljivo je da je na području Splitsko-dalmatinske županije u razmatranom razdoblju najznačajniji izvor gotovo svih mjerenih emisija onečišćujućih tvari u zrak iz stacionarnih izvora djelatnost proizvodnje cementa, pri čemu je dominantna emisija CO<sub>2</sub> zabilježena su iz djelatnosti:

- proizvodnje asfalta,
- građevinarstva,
- izgaranja u neindustrijskim postrojenjima, trgovina na veliko i malo, hotela, bolnica i ostalih društvenih, socijalnih i osobnih uslužnih djelatnosti,
- izgaranja u javnim toplanama,
- izgaranja u industrijskim toplanama i kotlovnica,
- u djelatnosti valjaonice,
- procesa u industriji metala - vrućeg cinčanja,
- obrade i prerade mlijeka,
- proizvodnje pekarskih i slastičarskih proizvoda.

Djelatnost proizvodnje cementa je uz emisiju CO<sub>2</sub> i najveći izvor ispuštenih SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> kao i teških metala. Izvori NHMOS-a su uporaba organskih otapala u građevinarstvu, brodogradnji i izgaranju drva u kućanstvima. Uz onečišćenja zraka iz stacionarnih izvora, na onečišćenje zraka u Splitsko-dalmatinskoj županiji utječe cestovni promet, ostali pokretni izvori i strojevi, obrada i odlaganje otpada te poljoprivreda. Cestovni promet dominantan je izvor emisija NO<sub>x</sub>, no i te se emisije smanjuju najviše zbog uvođenja katalizatora u osobna vozila, a dijelom i zbog manje potrošnje goriva u sektorima energetike. Upravo su SO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> uz NH<sub>3</sub> prijatnja ekosustavima zbog zakiseljavanja i eutrofikacije.

### **3.2. ANALIZA PODATAKA O KAKVOĆI ZRAKA NA PODRUČJU AGLOMERACIJE SPLIT**

Na području aglomeracije Split dugi niz godina prati se kakvoća zraka na različitim lokacijama na prostoru cijele županije.

U 2013. godini, prema podacima iz tablice 2.8., prema mjernoj mreži Cemex-a, na automatskoj mjernoj postaji AMS 1 - Kaštel Sućurac, zrak je bio I kategorije s obzirom

na SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, i PM<sub>2,5</sub>. Na mjernoj postaji AMS 2 - Sv. Kajo zrak je bio I kategorije s obzirom na PM<sub>2,5</sub>. Na mjernoj postaji AMS 3 - Split centar zrak je također bio I kategorije za PM<sub>10</sub>. U lokalnoj mreži Grada Splita, na mjernoj postaji Poljud, zrak je bio I kategorije s obzirom na SO<sub>2</sub>, a II kategorije s obzirom na NO<sub>2</sub>.

U 2014. godini, prema podacima iz tablice 2.9., u mjernoj mreži Cemex-a, na automatskoj mjernoj postaji AMS 1 - Kaštel Sućurac, zrak je bio I kategorije s obzirom na SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> i PM<sub>10</sub>. Na automatskoj mjernoj postaji AMS 2 - Sv Kajo, zrak je s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), PM<sub>10</sub> (auto.), Pb u PM<sub>10</sub>, Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, Ni u PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> bio I kategorije. Zrak je bio I kategorije s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), PM<sub>10</sub> (auto.), PM<sub>2,5</sub> (grav.), Pb u PM<sub>10</sub>, Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, Ni u PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> na automatskoj mjernoj postaji AMS 3 - Split - centar. U lokalnoj mreži Grada Splita, na mjernoj postaji Gripe, zrak je bio I kategorije s obzirom na SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub>.

U 2015. godini, prema podacima iz tablice 2.10., u mjernoj mreži Cemex-a, na automatskoj postaji AMS 1 - Kaštel Sućurac zrak je bio I kategorije s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), PM<sub>2,5</sub> (grav.), Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, i Ni u PM<sub>10</sub>. Na automatskoj mjernoj postaji AMS 2 - Sv. Kajo zrak je s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), PM<sub>2,5</sub> (grav.), Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, i Ni u PM<sub>10</sub> bio I kategorije. Na automatskoj mjernoj postaji AMS 3 - Split centar zrak je bio I kategorije s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), PM<sub>2,5</sub> (grav.), Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, Ni u PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub>. U lokalnoj mreži Grada Splita, na mjernoj postaji Gripe zrak je bio s obzirom na SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> I kategorije.

U 2016. godini, prema podacima iz tablice 2.11., u mjernoj mreži Cemex-a na automatskoj mjernoj postaji AMS 1 - Kaštel Sućurac zrak je bio I kategorije s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), PM<sub>2,5</sub> (grav.), Pb u PM<sub>10</sub>, Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, Ni u PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub>. Na AMS 2 - Sv. Kajo s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), PM<sub>2,5</sub> (grav.), Pb u PM<sub>10</sub>, Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, Ni u PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> zrak je bio također I kategorije, a na mjernoj postaji AMS 3 - Split - centar zrak je bio I kategorije s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), PM<sub>2,5</sub> (grav.), Pb u PM<sub>10</sub>, Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, Ni u PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub>.

U 2017. godini, prema podacima iz tablice 2.12., u mjernoj mreži Cemex-a na automatskoj mjernoj postaji AMS 1 - Kaštel Sućurac zrak je bio I kategorije s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), PM<sub>2,5</sub> (grav.), Pb u PM<sub>10</sub>, Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, Ni u PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub>. Na AMS 2 - Sv. Kajo s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), PM<sub>2,5</sub> (grav.), Pb u PM<sub>10</sub>, Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, Ni u PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> zrak je bio također I kategorije. Na mjernoj

postaji AMS 3 – Split - centar zrak je bio I kategorije s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), PM<sub>2,5</sub> (grav.), Pb u PM<sub>10</sub>, Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, Ni u PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub>. U mjernoj mreži Čistoća d.d, na mjernoj postaji Karepovac zrak je bio I kategorije s obzirom na PM<sub>10</sub> (grav.), Pb u PM<sub>10</sub>, Cd u PM<sub>10</sub>, As u PM<sub>10</sub>, Ni u PM<sub>10</sub> i H<sub>2</sub>S.

Općenito se može zaključiti da je prema podacima o kakvoći zraka iz lokalne mreže, zrak na području Splitsko-dalmatinske županije u razdoblju od 2013. do 2017. godine ocijenjen kao zrak I kategorije, izuzev jedne postaje Split-Poljud koji bilježi lošije rezultate u 2013. godini te je ocijenjen kao zrak II kategorije. Uzrok povišenih koncentracija na ovoj postaji su lokalni izvori onečišćenja poput zahvata u građevinarstvu, cestovnom prometu, energetska postrojenja smještena u luci Lora i blizina brodograđevne industrije.

#### **4. ZAKLJUČCI**

Temeljem analize podataka o stanju onečišćenja zraka na području Splitsko-dalmatinske županije u petogodišnjem razdoblju (2013.-2017.), mogu se izvesti sljedeći zaključci:

- Najveća je prijavljena količina ispuštanja ugljikovog dioksida (CO<sub>2</sub>) > 99% u odnosu na ukupnu količinu ostalih ispuštanja onečišćujućih tvari u zrak.
- Ostale onečišćujuće tvari čije su emisije zabilježene su CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, nemetalni hlapljivi organski spojevi (NMHOS) te u manjim količinama fluorovodici i klorovodici, policiklički aromatski ugljikovodici te teški metali (živa i cink).
- Analiza podataka za najzastupljenije onečišćujuće tvari za razdoblje 2013.-2017. ukazuje na smanjenje u prijavljenim količinama CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> i PM<sub>10</sub> u zrak, količina NO<sub>2</sub> oscilira, dok količine CO imaju trend rasta.
- Prema podacima o kakvoći zraka iz lokalne mreže, zrak na području Splitsko-dalmatinske županije u razdoblju od 2013. do 2017. godine ocijenjen je kao zrak I kategorije, izuzev postaje Split-Poljud koji bilježi lošije rezultate u 2013. godini te je ocijenjen kao zrak II kategorije. Uzrok povišenih koncentracija na ovoj postaji su lokalni izvori onečišćenja poput zahvata u građevinarstvu, cestovnom prometu, energetska postrojenja smještena u luci Lora i blizina brodograđevne industrije.
- Dobiveni rezultati ukazuju da podatci prikupljeni putem Informacijskog sustava zaštite okoliša i prirode u segmentu praćenja stanja onečišćenja zraka, pridonosi većoj transparentnosti i informiranosti javnosti.

## **5. LITERATURA**

1. Zakon o zaštiti zraka, Zagreb: NN 130/11., 47/14. i 61/17.
2. *T. Sofilić*, Ekotoksikologija, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2014.
3. URL: <https://edutorij.e-skole.hr/share/proxy/alfresco-noauth/edutorij/api/proxy-guest/4874fe79-8302-4ea2-b516-4657ea249026/index.html> (10.4.2019.)
4. Uredba o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Republike Hrvatske, Zagreb: NN 01/14.
5. URL: [https://www.google.com/search?q=atmosfera+hidrosfera+i+litosfera&client=firefox-b-&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiyt7SBINrkAhXwlIsKHTJyD0MQ\\_AUIESgB&biw=1366&bih=635#imgrc=e7PoydRGsrH0jM](https://www.google.com/search?q=atmosfera+hidrosfera+i+litosfera&client=firefox-b-&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiyt7SBINrkAhXwlIsKHTJyD0MQ_AUIESgB&biw=1366&bih=635#imgrc=e7PoydRGsrH0jM): (12.4.2019)
6. URL: [https://hr.wikipedia.org/wiki/Zemljina\\_atmosfera](https://hr.wikipedia.org/wiki/Zemljina_atmosfera) (10.4.2019.)
7. URL: <https://www.skolskiportal.hr/clanak/170-postanak-zemljine-atmosfere/> (15.4.2019)
8. URL: <https://zir.nsk.hr/islandora/object/kemos%3A98/datastream/PDF/view> (7.5.2019.)
9. *V. Tomašić*, Tehnološki procesi u zaštiti zraka, Skripta za internu uporabu, Fakultet Kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2018.
10. *A. Šišović*, Policiklički aromatski ugljikovodici u zraku u nas, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Zagreb, 1999.
11. *M. Poljanac*, Program zaštite zraka, ozonskog sloja, ublažavanja klimatskih promjena i prilagodbe klimatskim promjenama za područje Šibensko-kninske županije, Institut za energetiku i zaštitu okoliša, Zagreb, 2016.
12. URL: [http://www.zzjzbpz.hr/images/stories/oneciscenje\\_zraka.pdf](http://www.zzjzbpz.hr/images/stories/oneciscenje_zraka.pdf) (16.5.2019.)
13. Agencija za zaštitu okoliša, Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2013. godinu, Zagreb 2014.
14. Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku, Zagreb: NN 117/12. i NN 84/17.
15. *T. Sofilić*, Zdravlje i okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2015.
16. URL: <https://www.zastita.eu/strucni-clanci/pracenje-i-procjena-kvalitete-zraka-208> (16.5.2019.)
17. Izvješće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2013. godinu, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2014.

18. URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/> (2.6.2019.)
19. Pravilnik o praćenju kvalitete zraka, Zagreb: NN 79/17.
20. Pravilnik o Registru onečišćavanja okoliša, Zagreb: NN 87/15.
21. Izvješće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2014. godinu, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2015.
22. Izvješće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2015. godinu, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2016.
23. Izvješće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2016. godinu, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2017.
24. Izvješće o podacima iz Registra onečišćavanja okoliša za 2017. godinu, Agencija za zaštitu okoliša, Zagreb, 2018.
25. URL: <http://www.istrazrak.hr/indeks-kvalitete-zraka> (2.6.2019.)
26. URL: [http://airindex.eea.europa.eu/#\\_blank](http://airindex.eea.europa.eu/#_blank) (2.6.2019.)
27. URL: <http://www.haop.hr/hr/godisnja-izvjesca-o-pracenju-kvalitete-zraka-na-podrucju-republike-hrvatske/godisnja-izvjesca-o> (4.6.2019.)
28. URL: <http://iszz.azo.hr/iskzl/godizvrpt.htm?pid=0&t=2> (4.6.2019.)
29. Agencija za zaštitu okoliša, Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2014. godinu, Zagreb 2015.
30. Agencija za zaštitu okoliša, Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2015. godinu, Zagreb 2016.
31. Agencija za zaštitu okoliša, Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2016. godinu, Zagreb 2017.
32. Agencija za zaštitu okoliša, Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu, Zagreb 2018.
33. Nacionalna klasifikacija djelatnosti, Zagreb: NN 58/07.
34. Strategija razvoja urbane aglomeracije Split za razdoblje do kraja 2020, Sveučilište u Splitu, Split, 2017.