

# Utjecaj odlagališta otpada na koncentraciju lebdećih čestica promjera manjih od 10 um u zraku tijekom 2018. godine

---

Ćapeta, Nikolina

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Medicine / Sveučilište u Rijeci, Medicinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:184:129677>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-17**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Medicine - FMRI Repository](#)



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Nikolina Čapeta

UTJECAJ ODLAGALIŠTA OTPADA NA KONCENTRACIJU LEBDEĆIH ČESTICA  
PROMJERA MANJIH OD  $10\ \mu\text{m}$  U ZRAKU TIJEKOM 2018. GODINE

Diplomski rad

Rijeka, 2019.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Nikolina Čapeta

UTJECAJ ODLAGALIŠTA OTPADA NA KONCENTRACIJU LEBDEĆIH ČESTICA  
PROMJERA MANJIH OD  $10\ \mu\text{m}$  U ZRAKU TIJEKOM 2018. GODINE

Diplomski rad

Rijeka, 2019.

Mentor rada: Doc. dr. sc. Željko Linšak, dipl. sanit. ing.

Diplomski rad obranjen je dana                      u/na

pred povjerenstvom u sastavu:

1.

2.

3.

Rad ima 39 stranica, 18 slika, 8 tablica, 20 literaturnih navoda.

## Sažetak

Onečišćenje zraka utječe na ljude i sav živi i neživi svijet, od biljaka i životinja pa sve do građevina, kulturne i povijesne baštine. Postoje razni izvori onečišćenja zraka od prirodnih do antropogenih, a u ovom radu će posebna pozornost biti na odlagalištima otpada kao izvoru onečišćenja zraka lebdećim česticama promjera manjeg od 10  $\mu\text{m}$ . U radu će se promatrati utjecaj odlagališta otpada na koncentraciju PM10 kroz 2018. godinu, prema podacima s mjernih postaja u blizini odlagališta. Kvaliteta zraka na tim područjima je 1. kategorije, a granične vrijednosti prekoračene su tek nekoliko puta kroz godinu ali ipak manje nego je dozvoljeno Uredbom.

**Ključne riječi:** Lebdeće čestice, odlagališta otpada, onečišćenje zraka

## Abstract

Air pollution have effects on people, plants and animals also on buildings, cultural and historical heritage. There are various sources of air pollution from natural to anthropogenic, and in this paper there will be special attention to landfills and their effects on concentration PM10 in 2018. year. Data are collected from measuring stations near the landfill. The air quality in these areas is 1st category, and the limit values have been overstepped only several times throughout the year but still less than permitted by the Regulation.

Key words: PM10, landfills, air pollution

## SADRŽAJ

1. UVOD I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA .....	1
1.1. Atmosfera .....	1
1.1.1. Slojevi atmosfere .....	3
1.3. Onečišćenje zraka.....	5
1.3.1. Izvori onečišćujućih tvari .....	5
1.3.2. Vrste onečišćujuće tvari .....	6
1.3. Lebdeće čestice .....	7
1.3.1. Utjecaj lebdećih čestica na zdravlje ljudi.....	9
1.5 Meteorološki parametri .....	11
1.5.1. Temperatura zraka .....	12
1.5.2. Vjetar.....	12
1.5.3. Stabilnost atmosfere.....	13
1.6. Odlagališta otpada.....	15
1.7. Kvaliteta zraka i zakonski propisi .....	16
2. CILJ ISTRAŽIVANJA .....	18
3. MATERIJALI I METODE .....	19
3.1. Mjerna postaja Viškovo-Marišćina .....	19
3.2. Mjerna postaja Split-Karepovac .....	21
3.3. Mjerni instrumenti.....	22
4. REZULTATI.....	25
4.1. Mjerna postaja Viškovo-Marišćina .....	25
4.2. Mjerna postaja Split-Karepovac .....	28
4.3. Grafički prikaz rezultata .....	30
5. RASPRAVA .....	33
6. ZAKLJUČAK .....	36
LITERATURA.....	37

# 1. UVOD I PREGLED PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

Suvremeni način života ljudi karakterizira napredak na mnogim poljima, od tehnologije pa sve do znanosti. Ipak, napredak ne mora nužno značiti da sve što dolazi s njim je dobro i pozitivno. Upravo tome, danas svjedoči čovječanstvo nizom primjera narušavanja odnosa u prirodi. Pojava zagađenja tla, vode i zraka uzrokovana je upravo neodgovornim ponašanjem čovjeka prema prirodi. Uvjereni da se prirodna bogatstva mogu iskorištavati neograničeno dovode okoliš u opasnost, prvenstveno vodu i zrak za koje je poznato da bez njih ne bi ni bio moguć život na zemlji. Jedan od niza negativnih utjecaja čovjeka na okoliš je prekomjerno stvaranje otpada, a svakim danom se javljaju sve veće potrebe za novim odlagalištima otpada. Odlagališta otpada imaju između ostalog utjecaj na zrak i smanjenje njegove kvalitete. Zagađenje zraka nastaje zbog štetnih plinova i čestica, koje dovode do promjene prirodnog sastava zraka u atmosferi. Osim ljudskom aktivnošću, štetne tvari u zrak mogu dospjeti i prirodnim putem poput šumskih požara ili djelovanjem vulkana. Udisanjem zagađenog zraka dovodi se u opasnost ljudsko zdravlje i kvaliteta života.

## 1.1. Atmosfera

Atmosfera je plinoviti sloj koji okružuje Zemljinu površinu i rotira se zajedno s njom. Osim smjese plinova, atmosfera se sastoji još od krutih čestica i aerosola. Gravitacijske sile vežu atmosferu za Zemlju, dok u nešto višim slojevima djeluju elektromagnetske sile. Zahvaljujući atmosferi moguć je život na Zemlji, optimalnu temperaturu za život i ono najvažnije sadrži kisik potreban za disanje. Razlikujemo dvije vrste atmosferskih plinova koje nazivamo homosferom (dušik, kisik, argon, neon, helij i kripton), a druga heterosferom (ugljičkov dioksid, vodena para, metan, ugljičkov monoksid, vodik, ozon i dušikovi oksidi). Suhi zrak je naziv za zrak sačinjen od homosfere, što znači da se količina njegovih plinova ne



mijenja s obzirom na lokaciju i vrijeme. Zrak heterosfere čije se količine mijenjaju s obzirom na lokaciju i vrijeme je taj koji utječe na atmosferske procese. Ovi plinovi se u atmosferi nalaze u niskim koncentracijama ili u tragovima, a ipak njihove promjene dovode do značajnih meteoroloških i klimatskih promjena. Upravo nam je to vidljivo iz promjena količine vodene pare sve od 0% u područjima niskih temperatura na sjevernim polovima pa do 4% u tropskim krajevima pri visokim temperaturama. Efekta staklenika nastaje zahvaljujući vodenoj pari, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> i N<sub>2</sub>O, a omogućava nam život na zemlji jer bi bez njih temperatura bila i do 30°C niža nego danas. Ipak, svakim danom se količina ovih plinova povećava, a već je spomenuto da je potrebna i samo mala promjena u koncentraciji plinova koja bi izazvala meteorološke i klimatske promjene. Prema tome ovaj prirodni fenomen koji nam je omogućio život na zemlji bi ubrzo mogao stvoriti problem zbog povećanja temperatura na svim dijelovima zemlje koji za sobom nose niz posljedica.

Osim plinova, atmosfera se sastoji i od lebdećih čestica koje mogu biti prirodnog i antropogenog porijekla. Njihova koncentracija u zraku je vrlo promjenjiva i ovisi o nizu čimbenika. Visoke koncentracije su česte u vulkanskim područjima nakon erupcije ili kod šumskih požara. Takve krute čestice koje su raspršene u atmosferi čine aerosol, čiji se broj mijenja ovisno o nadmorskoj visini i udaljenosti od izvora onečišćenja.

### Tablica 1. Sastav atmosfere

Izvor: Tarnik Tamara. Zaštita zraka i atmosfere. Zagreb: Iproz 2010.

Plin	Volumni sadržaj %
Dušik (N <sub>2</sub> )	78,1
Kisik (O <sub>2</sub> )	20,9
Argon (Ar)	0,93
Ugljikov dioksid (CO <sub>2</sub> )	0,035
Neon (Ne)	0,0018
Metan (CH <sub>4</sub> )	0,00017
Kripton (Kr)	0,00011
Vodik (H <sub>2</sub> )	0,000055
Ozon (O <sub>3</sub> )	0,000001-0,000004

#### 1.1.1. Slojevi atmosfere

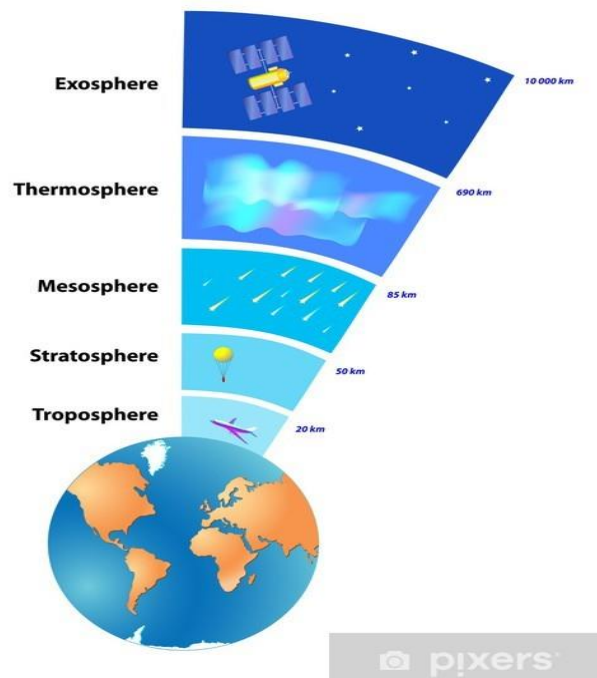
Razlikujemo slojeve atmosfere prema promjeni temperature s visinom. Najdonji sloj naziva se troposfera i kreće se približno do 11 km, u tom sloju temperatura opada prosječno za 0,65 °C svakih prijeđenih 100 metara. Što bi značilo da je najtoplija u nižim dijelovima, dok se u višim temperature kreću visoko ispod ništice. Troposfera je sloj u kojem se stvaraju oblaci što dovodi do oborina, sloj u kojem dolazi do meteoroloških procesa.

Idući sloj se naziva stratosfera, karakterizira je umjereno opadanje temperature, mirovanje ili blagi rast s visinom, a nalazi se na visini od 11 do 50 km. Temperatura se ne mijenja do visine 20 km nakon čega počinje rasti do 0°C. Ovaj sloj sadrži veliku količinu

ozona i ozonskog sloja koji upija ultraljubičasto zračenje zbog čega i dolazi do povećanja temperature.

U mezosferi (od 50 do 80 km) zamijećeno je ponovno opadanje temperature od početnik  $0^{\circ}\text{C}$  pa sve do  $-90^{\circ}\text{C}$ , te se tako niske temperature zadržavaju i mezopauzi (prijelazni sloj).

Idući sloj se naziva termosfera i seže od 90 km pa sve do 500 km i u tom sloju temperatura raste dosežući vrijednosti nekoliko stotina  $^{\circ}\text{C}$ . Na visinama iznad 500 km počinje egzosfera. (1)



**Slika 1.** Podijela slojeva atmosfere

Izvor: <https://pixers.uk/stickers/atmosphere-of-earth-44016667>

### 1.3. Onečišćenje zraka

Atmosfera se smatra onečišćenom ako dođe do povećanja koncentracije štetnih tvari do te količine koja može ugroziti zdravlje ljudi ili narušiti kvalitetu života.

U blizini velikih gradova i industrijskih pogona javlja se lokalno onečišćenje, koje se prenosi zračnim strujanjima na veće udaljenosti, a skup svih lokalnih onečišćenja čine globalno. Čovjek ima značajan utjecaj na onečišćenje atmosfere već samim svojim postojanjem. Nagli razvoj tehnologije i cestovnog prometa, razvoj industrije su samo neki od niza primjera kojima čovjek narušava prirodni sastav atmosfere. Takve promjene dovode do pojave efekta staklenika, kiselih kiša, globalnog zatopljenja, smoga. (2) Potrebno je kontinuirano praćenje stanja sastava zraka kako ne bi došlo do povećanja koncentracija opasnih po ljudsko zdravlje. Upravo su lebdeće čestice, dušikovi oksidi ( $\text{NO}_x$ ), ozon ( $\text{O}_3$ ), benzen ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), sumporov dioksid ( $\text{SO}_2$ ) parametri koji se kontinuirano prate, zajedno sa sumporovodikom ( $\text{H}_2\text{S}$ ) koji utječe na kvalitetu života. (1)

#### 1.3.1. Izvori onečišćujućih tvari

U prirodne izvore onečišćujućih tvari ubrajamo pepeo i plinove vulkanskog podrijetla, produkte nastale u šumskim požarima, pustinjska prašina nošena vjetrom, produkti biljnog, životinjskog i mikrobiološkog podrijetla, meteorska prašina itd. Sumporov dioksid ( $\text{SO}_2$ ), oksidi dušika ( $\text{NO}_x$ ), ugljikovodici, metan ( $\text{CH}_4$ ), amonijak ( $\text{NH}_3$ ) spojevi su koji spadaju u prirodne onečišćivače zraka. Vulkanskom aktivnošću i prskanjem mora u zrak u obliku sulfata godišnje se unese u atmosferu značajna količina sumporovog dioksida. Sumporovodik nastaje razgradnjom organskog materijala bez prisutnosti kisika. Izvori dušikovih oksida su biološki procesi u tlu i procesi koji nastaju tijekom grmljavina odnosno nastajanja munja. Razgradnja

organskih tvari su izvor metana, dok su izvor amonijak uz to i fekalije. Metan je karakterističan zato što je među rijetkim onečišćivačima koji nastaju u većim količinama iz prirode. (2)

Antropogeni izvori, odnosno umjetni izvori onečišćujućih tvari su skupine spojeva koji nastaju ljudskom aktivnošću. Izvori ovakvog onečišćenja su industrijska i poljoprivredna postrojenja, izgaranje fosilnih goriva, proizvodnja toplinske i električne energije, spaljivanje otpada itd. U njih ubrajamo emisije ugljikova dioksida, metana, stakleničkih plinova, sumporovog dioksida, dušikovih oksida. Ugljikov dioksid nastaje izgaranjem fosilnih goriva koji se koriste za električnu ili toplinsku energiju, promet i industriju. Izvor metana su fugitivne emisije (iskop i transport prirodnog plina) i razgradnja organske tvari u uvjetima bez prisutnosti zraka na odlagalištima otpada. Sumporov dioksid nastaje izgaranjem fosilnih goriva posebno ugljena i nafte te njihovih derivata bogatih sumporom, kao i dušikovi oksidi iz ugljena, loživog ulja i prirodnog plina za proizvodnju toplinske i električne energije. (2)

Bez obzira o kojoj vrsti izvora se radi (prirodnom ili antropogenom) možemo ih svrstati u stacionarne ili pokretne izvore. Stacionarni izvori mogu biti točkasti (oblikovani ispusti npr: dimnjaka) ili difuzni. Skupinu pokretnih izvora čine prijevozna sredstva u koje ubrajamo poljoprivredne i građevinske strojeve, automobile, zrakoplove, lokomotive, plovne objekte. (3)

### **1.3.2. Vrste onečišćujuće tvari**

Onečišćujuće tvari dijelimo na primarne i sekundarne. U primarne spadaju oni koji se ispuštaju u zrak izravno iz izvora onečišćenja, dok sekundarne nastaju kemijskim reakcijama iz primarnih. U primarne ubrajamo NO<sub>x</sub>, VOC (hlapljivi organski spojevi), CO i PM

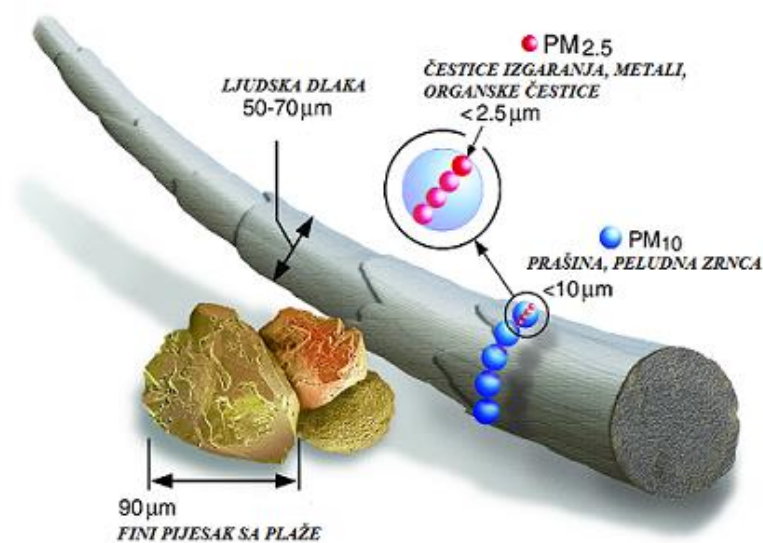
(Particulate Matter). Dušikov dioksid nastaje reakcijom dušikova oksida i atmosferskog ozona, samim tim spada u sekundarne tvari. Osim  $\text{NO}_2$  u sekundarne tvari ubrajamo i ozon, koji dospijeva u niže dijelove atmosfere na tri različita načina. Najznačajnija reakcija nastajanja je u sudjelovanju reaktivnih ugljikovodika gdje se stvaraju peroksidni radikali koji reagiraju s dušikovim oksidima i daju dušikove diokside bez da se utroši molekula ozona. Ostaje višak prizemnog ozona koji bi se u uvjetima bez ove reakcije potrošio na stvaranje dušikovog dioksida.

### 1.3. Lebdeće čestice

Lebdeće čestice su složene heterogene smjese organskih i anorganskih tvari. Prema veličini mogu se podijeliti na grube  $\text{PM}_{10}$  promjera od 2,5 do 10  $\mu\text{m}$ , fine  $\text{PM}_{2,5}$  promjera manjeg od 2,5  $\mu\text{m}$  i ultra fine  $\text{PM}_1$  promjera manjeg od 1  $\mu\text{m}$ , a sve zajedno čine ukupne lebdeće čestice. Raspon veličina je od svega nekoliko nanometara do desetaka mikrometara. Izvor ovog onečišćivača može biti prirodnog ili antropogenog podrijetla. U prirodne izvore ubrajamo vulkanske erupcije, šumske požare, pustinjski pijesak, čestice soli iz mora, peludna zrnca, dijelove insekata, gljivice i spore. Ipak, gledano sa stajališta kvalitete zraka i zdravlja stanovništva važniji su antropogeni izvori poput termoelektrana, industrijskih procesa u koje ubrajamo proizvodnja metala, cementa, vapna i kemikalija, prometa, građevinski radovi, eksploatacija kamena i rudarstvo, pušenje cigareta i loženje na drva u domaćinstvu te iz procesa sagorijevanja otpada. Glavni izvor PM u urbanim sredinama je cestovni promet odnosno izgaranje fosilnih goriva.(1,4) Čestice se sastoje od jezgre koja je pretežito izgrađena od ugljika te se na jezgru talože organske tvari visoke molekularne težine i teški metali. Već je spomenuto da onečišćujuće tvari mogu biti primarne i sekundarne, pa je tako poznato da postoje primarne i sekundarne lebdeće čestice. Primarne čestice ispuštaju se izravno iz izvora,

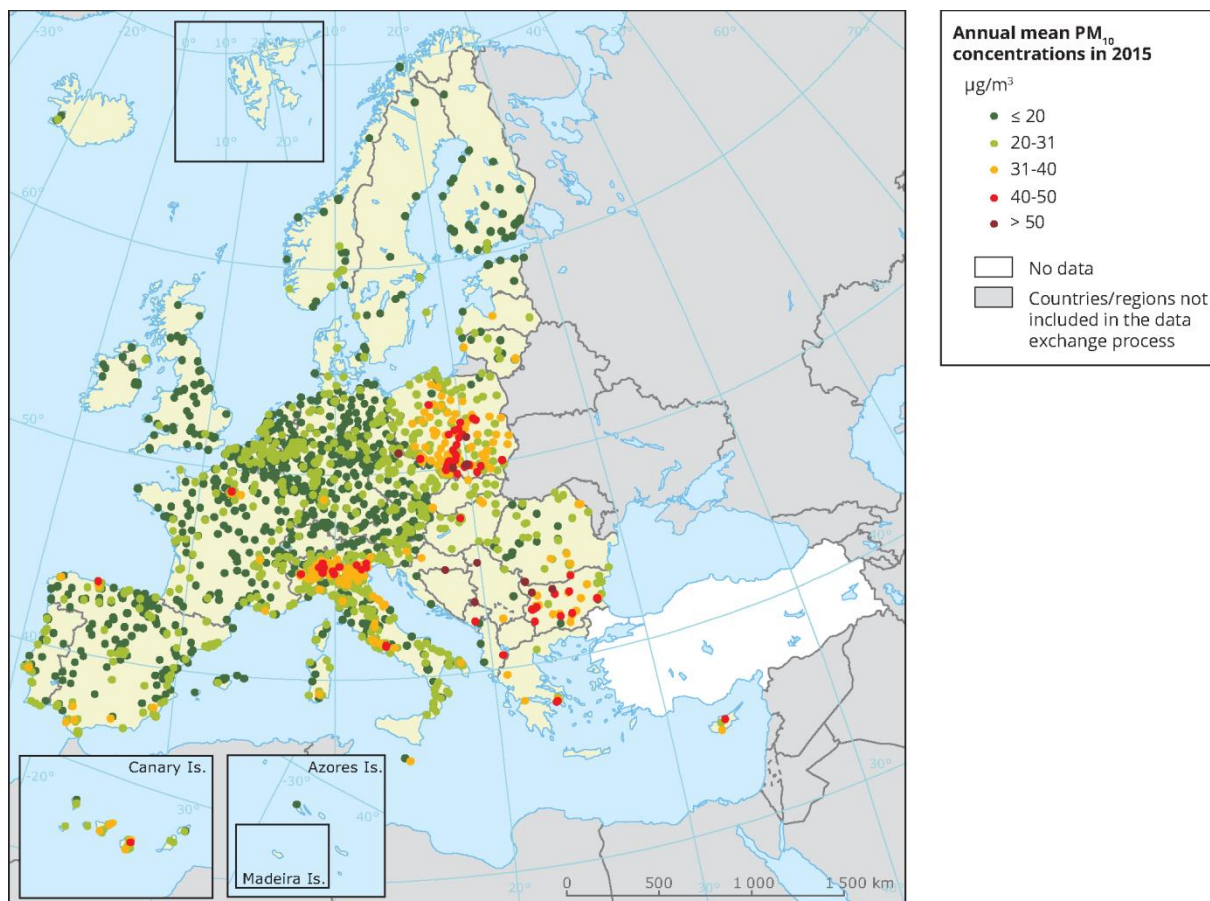
prvenstveno izgaranjem. Glavni izvori primarnih čestica su promet i izgaranja (loženje drva u domaćinstvu) i industrijski procesi. Sekundarne čestice nastaju u atmosferi kemijskim reakcijama, stvaraju se nove čestice u zraku koje se kondenziraju u čvrstu ili tekuću fazu i tako postaju sekundarne čestice. Plinovi iz kojih nastaju sekundarne lebdeće čestice su sumporov dioksid, dušikovi oksidi, amonijak i hlapljivi organski spojevi, a čestice koje nastaju mogu sadržavati nitrata, sulfata, metale, soli i čestice vode.(3,4) Kemijski sastav lebdećih čestica može varirati ovisno o mjestu i vremenu u kojem nastanu, odnosno iz kojeg izvora se ispuštaju. Pa tako pojedine čestice mogu biti bogatije nitrata, a druge sulfatima.

(1)



**Slika 2.** Usporedba veličine čestica PM10 i PM2,5 s ljudskom dlakom i pijeskom

Izvor: <http://zrak.ekoakcija.org/content/kako-doci-do-cistog-zraka-u-nasim-gradovima>



**Slika 3.** Kartografski prikaz prosječnih godišnjih koncentracija u Europi 2015. godine

Izvor: <https://skupnostobcin.si/wp-content/uploads/2017/10/airquality2017-15-29.pdf>

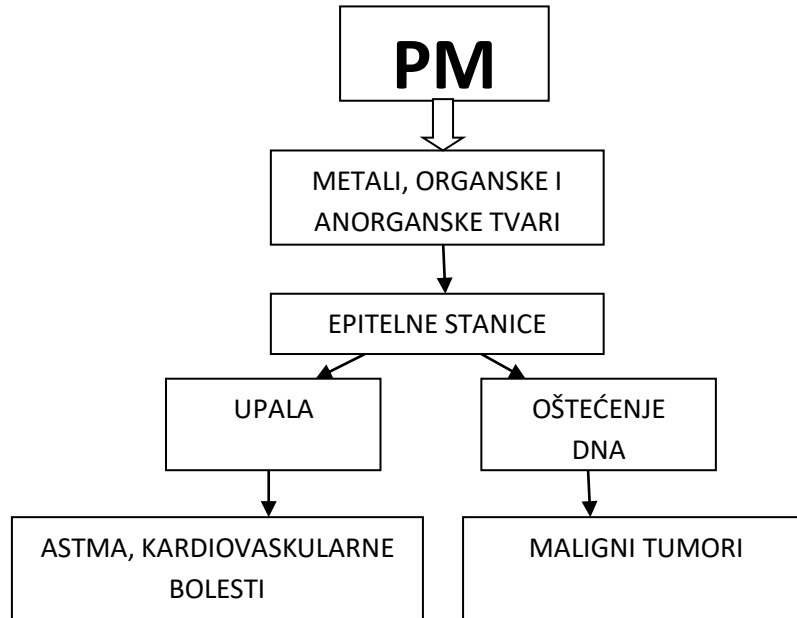
### 1.3.1. Utjecaj lebdećih čestica na zdravlje ljudi

Čovjek dnevno udahne oko 12 m<sup>3</sup> ili oko 15 kg zraka, a bez zraka može se može održati na životu svega nekoliko minuta. Prema tome onečišćenje zraka svakako može utjecati i na zdravlje ljudi. Osim na ljude utječe i na sav živi i neživi svijet, od biljaka i životinja pa sve do građevina, kulturne i povijesne baštine. (2) Lebdeće čestice ulaze u organizam disanjem, a dubina ulaska ovisi o promjeru čestica. One manjeg promjera prolaze sve do donjeg dijela dišnog sustava, prodiru u alveole i bronhiole. Čestice većeg promjera u koje



ubrajamo i PM10 zadržavaju se u gornjem i srednjem dijelu dišnog sustava, prvenstveno u primarnim bronhima ili se talože u nazofarinksu. Mehanizam izbacivanja čestica iz gornjeg dišnog sustava je kihanje, dok se u srednjem zadržavaju na trepetljikama epitela i dolazi do iritacije koja se očituje kašljanjem. Osim o veličini čestica, dubina ulaska ovisi i o topljivosti. Veća topljivost označava jednostavniji prolazak kroz slunicu i brže upijanje u dišni sustav. Topljive čestice se nakon otapanja u seroznoj tekućini u njoj i metaboliziraju ili pak transportirati u krv i tako mogu doći do bilo kojeg organa i nepogodno utjecati na zdravlje. Dakle, odlaganje ovih čestica ovisi o karakteristikama čestica njihovom promjeru, topljivosti, električnom naboju, gustoći ali i o samom ljudskom organizmu i njegovoj anatomiji. Očigledno je da čestice imaju put ulaska u ljudski organizam, a samim tim se očekuje i nekakav utjecaj. Istraživanja provedena na životinjama pokazuju povezanost koncentracije lebdećih čestica s upalnim, proliferativnim, fibrozirajućim i kancerogenim promjena na plućima. (19) Dakle javljaju se oštećenje stanica, pojava upala, suženje dišnih puteva, simptomi astme, alergijski rinitis. Osim utjecaja na dišni sustav može djelovati i na kardiovaskularni sustav povećanjem srčane frekvencije i zgrušavanjem krvi. Izlaganjem povišenim koncentracijama uzrokuje oštećenje DNA i pojavu malignih tumora, a samim tim i povećanu stopu smrtnosti. (1) Osim toga, postoje znanstvene pretpostavke da izloženost visokim razinama čestica također može dovesti do pobačaja trudnica, niske porođajne težine u dojenčadi čak i do smrti djeteta.(5) Osim podataka da se povećanom izloženosti javljaju kardiovaskularni bolesti, proučavali su se učinci i smanjenja izloženosti PM-u. U 72 mjeseca nakon zabrane prodaje bituminoznog ugljena u Irskoj 1990. godine, koncentracija crnog dima smanjila se za  $35,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  za to vrijeme, smrtnost dišnih i kardiovaskularnih bolesti smanjena prosječno 10-15%. Također i 8-godišnje proširenje Harvard Six Cities proučavalo je populacije koja se preselila iz područja s višom u nižu koncentraciju PM, te je zaključeno da smanjenje od  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  rezultira s 27% smanjenjem ukupne smrtnosti. Dostupna znanstvena

istraživanja pokazuju da postoji povezanost između pojave navedenih bolesti i izloženosti PM česticama, ali ipak su potrebna dodatna ispitivanja da se u potpunosti može razumjeti utjecaj PM na ljudsko zdravlje. (6)



**Slika 4.** Sumirani prikaz štetnog djelovanja lebdećih čestica

Izvor: Peternel, Renata. Hercog, Predrag. Zaštita atmosfere, Velika Gorica: Veleučilište

Velika Gorica, 2017 str. 337-346.

## 1.5 Meteorološki parametri

Meteorologija je znanost koja proučava atmosferu, njeno kretanje odnosno fizičko stanje i fizikalne procese. Zrak se u atmosferi stalno giba, pritom stvara strujno polje koje pokreće zrak u atmosferi. Upravo su temperatura i relativna vlažnost zraka uzrok gibanja atmosfere. Meteorologija je usko povezana s kvalitetom zraka, od same koncentracije onečišćujućih tvari pa do stvaranja sekundarnih onečišćivača ali i njihovog prijenosa u okolna područja pa čak i uklanjanje iz atmosfere. Neovisno o veličini emisije onečišćujućih tvari,

meteorologija je ta koja određuje veličinu problema koji će ta tvar stvoriti kao i gdje će se problem pojaviti. Pojedine tvari se mogu pojaviti i stotine kilometara daleko od njihovog izvora. (8)

### 1.5.1. Temperatura zraka

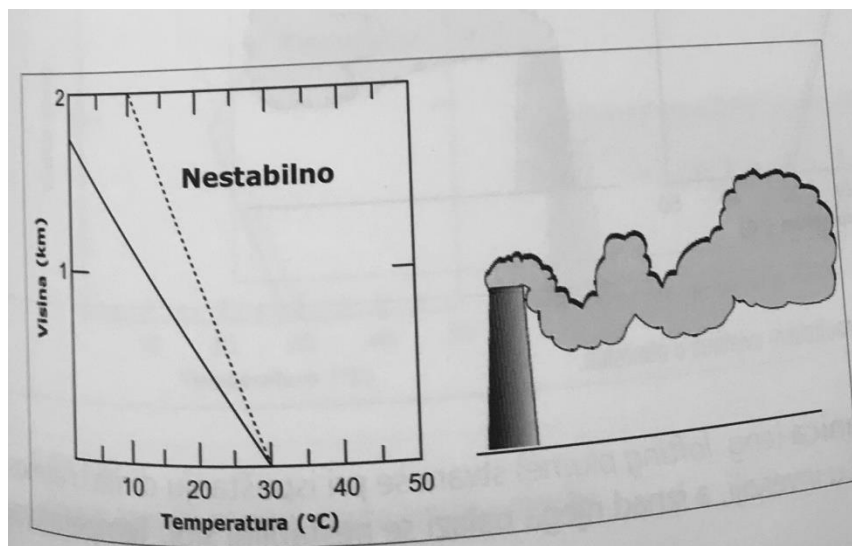
Energija koja zagrijava kako površinu zemlje tako i njenu atmosferu dolazi od Sunca. Insolacija je količina Sunčeve energija koja dolazi na određeno mjesto u određeno vrijeme, a ona ovisi o nekoliko čimbenika poput prozirnosti atmosfere, dužine dana i kutu upada Sunčevih zraka. (1) Promatranjem povezanosti temperature zraka s koncentracijama lebdećih čestica uočeno je da dolazi do porasta koncentracije opadanjem temperature, a razlog tome je ovisnost koncentracija o relativnoj vlažnosti. Za relativnu vlažnost je poznato da raste kako se temperature snižavaju. (7)

### 1.5.2. Vjetar

Već smo spomenuli da meteorološki uvjeti utječu na koncentraciju lebdećih čestica, u njih ubrajamo i vjetar. Čestice se talože na tlo gravitacijom ili djelovanjem oborina, a prije nego se istalože na tlo one putuju zrakom pomoću zračnih struja. Vjetar je osnovno strujanje atmosfere te se njegovim silaznim gibanjem javljaju manje koncentracije lebdećih čestica zbog toga što su one nisko uz tlo (niže od usisnog instrumenta), dok se kod uzlaznih gibanja povećava koncentracije jer ih takav vjetar podiže u zrak. Također je važan i smjer kretanja zraka, pa tako nije isto puše li vjetar sa sjevera ili juga. Za primjer možemo dati sjeverni vjetar buru u Dalmaciji koji prolazi kroz planinske prijevoje i dolazi sa sjeverne strane gradova. Ta područja nisu zastupljena industrijom i prometom pa nema povećanja koncentracija lebdećih čestica. Nasuprot tome, južni vjetar ili jugo koje donosi sa sobom čestice iz centra grada i okolice te se s tim povećava koncentracija. (1,7)

### 1.5.3. Stabilnost atmosfere

Širenje onečišćujućih tvari u atmosferi ovisi nadalje i o fizikalnom stanju atmosfere u koju ubrajamo: raspodjela temperaturu po visini, atmosferske turbulencije i vjetrove. Tu povezanost najbolje ilustrira oblik dimne perjanice koja izlazi iz dimnjaka. Perjanica može biti savijajuća, za koju je karakteristično krivudanje dima u nestabilnim uvjetima atmosfere i smatra se najpovoljnijim načinom širenja dima.

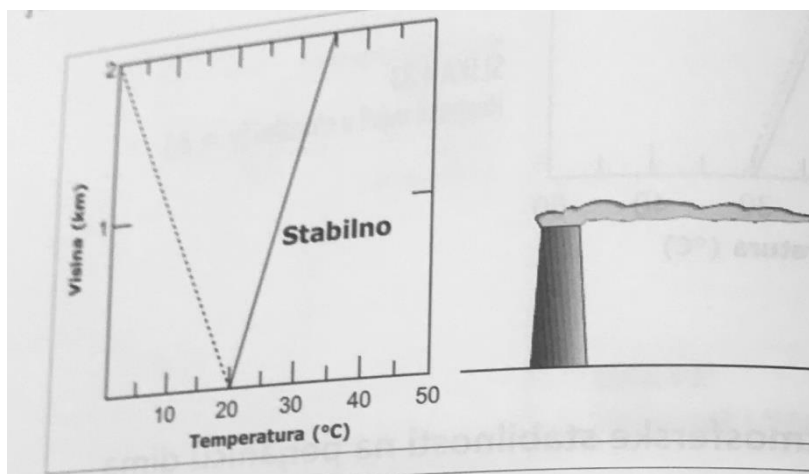


**Slika 5.** Savijajuća perjanica

Izvor: Peternel, Renata. Hercog, Predrag. Zaštita atmosfere, Velika Gorica: Veleučilište

Velika Gorica, 2017. str. 337-346

Kod lepezaste perjanice koja nastaje u stabilnim uvjetima, gledana s bočne strane ima tanak trag, ali gledajući iz ptičje perspektive vidljivo je kako se širi u obliku lepeze. Ovakav dim se širi jako sporo i ako je dimnjak visok ne mora dotaknuti tlo kilometrima.

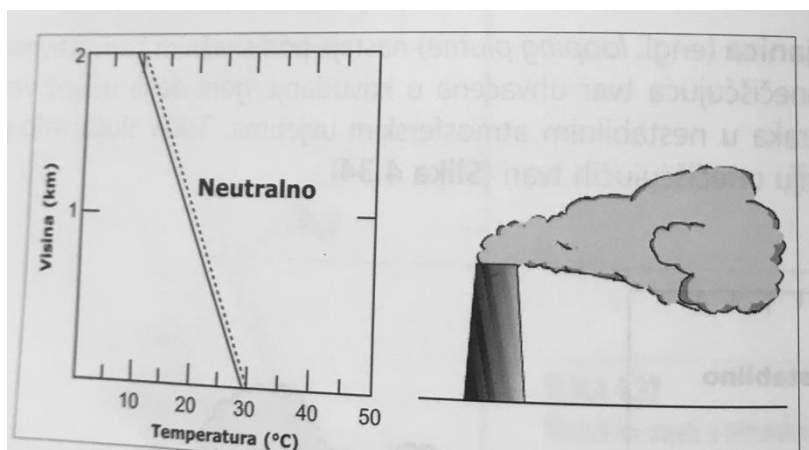


**Slika 6.** Lepezasta perjanica

Izvor: Peternel, Renata. Hercog, Predrag. Zaštita atmosfere, Velika Gorica: Veleučilište

Velika Gorica, 2017. str. 337-346

Čunjasta perjanica je osnovni oblik putanje dima u neutralnim i malo nestabilnim uvjetima. Uglavnom su to oblačni dani, a dim se širi u obliku stožca čiji je vrh na izlazi iz dimnjaka. U takvim uvjetima koncentracije lagano variraju.



**Slika 7.** Čunjasta perjanica

Izvor: Peternel, Renata. Hercog, Predrag. Zaštita atmosfere, Velika Gorica: Veleučilište

Velika Gorica, 2017. str. 337-346

## 1.6. Odlagališta otpada

Otpad predstavlja problem i za čovjeka i za zaštitu okoliša. Neke vrste otpada su gotovo u potpunosti iskoristive i zapravo odnos čovjeka kontrolira koliki udio otpada će postati smeće. Razlikujemo nekoliko vrsta otpada s obzirom na mjesto nastanka, tako postoji: komunalni, industrijski, ambalažni, građevinski i električni otpad. Otpad se dijeli na opasni, neopasni i interni otpad. Nakon što se otpad prikupi (najčešće se prikuplja jednom tjedno) slijedi transport do centra za gospodarenjem otpadom gdje se prikupljeni otpad može odložiti na siguran, uređen i deratiziran teren. Otpad se svakodnevno zbijaja da bi se uklonili odbojni mirisi i potencijalna šteta po ljudsko zdravlje. Osim odlaganja otpada, za okoliš je prihvatljivije da se upotrebljavaju načela „četiri R“ (Recycle, reuse, reduce, recover) odnosno smanjenje nastanka otpada, ponovna uporaba, reciklaža i regeneracija materijala. Uz načelo „četiri R“ otpad se može i spaljivati, a prednost spaljivanje je uklanjanje i do 70% smeća uz dobivanje energije, ali nedostatak je nusprodukt u obliku neizgorenog ostatka (pepeo) koji može biti toksičan. Kompostiranje je još jedna od mogućnosti gospodarenja otpadom, a predstavlja fermentativnu razgradnju organskih tvari pod djelovanjem bakterija. (11) Nažalost odlagališta otpada predstavljaju rizik za zdravlje ljudi, poglavito ukoliko se radi o smetlištima na koja se otpad odlaže bez ikakve obrade. Velike količine krutog otpada odlažu se na odlagališta i potencijalni su izvor emisije PM10 u atmosferu. Emisije se javljaju kao posljedica resuspendiranja odloženog otpada ali i drugih aktivnosti kao što su mehaničko recikliranje i kompostiranje, istovar i sortiranje otpada i sam transport otpada kamionima. Najugroženije su osobe koje rade na odlagalištima otpada ili žive u neposrednoj blizini istih. Prema podacima Svjetske banke (WB) razina lebdećih čestica je čak do 25 puta veća na odlagalištima, nego u obližnjim naseljima. Postoji velika opasnost i od požara, koji nastaje zbog užarenih dijelova otpada ili samozapaljenja što kod uređenih centara za gospodarenje

otpadom nije slučaj. Naime kod uređenih deponija opasnost od širenja požara je svedena na minimum. Pristupne prometnice je potrebno svakodnevno održavati čistima i polijevati vodom i do 6 puta na dan kako bi se spriječilo stvaranje prašine, što je također uobičajna praksa modernih deponija. Ipak je potrebno nadzirati kako neuređena tako i najuređenija odlagališta jer i oni su potencijalni izvor onečišćenja okoliša i štetnog utjecaja na ljudsko zdravlje. (12)

## **1.7. Kvaliteta zraka i zakonski propisi**

Hrvatska je od 2013. godine članica Europske unije, te je kao takva uskladila svoju regulativu s regulativom EU i na području kvalitete zraka. Usklađene regulative se nalaze u zakonima RH, a to su; Zakon o zaštiti okoliša, Zakon o zaštiti zraka, Pravilnik o praćenju kvalitete zraka i Uredba o razinama onečišćujućih tvari. Zakonom su propisuju mjere, imenuje se tko provodi mjere ili ih nadzire te na koji način poboljšati kvalitetu zraka. Propisane su i kategorije kvalitete zraka prema razini onečišćenosti, a one se donose prema propisanim graničnim vrijednostima. Uredba o graničnim vrijednostima onečišćujućih tvari u zraku Narodne novine 117/2012 određuje ciljne, tolerantne ili granične vrijednosti. Postoji prva i druga kategorija zraka, prvom kategorijom se smatra zrak koji je čist ili neznatno onečišćen, a vrijednosti ne prelaze granične vrijednosti. Zrak druge kategorije je onečišćen, odnosno prekoračene su granične vrijednosti. Granična vrijednost je razina onečišćenosti ispod koje na temelju znanstvene spoznaje nema ili je najmanji mogući rizik od štetnog djelovanja na ljudsko zdravlje. Vrijednosti su postavljene prvenstveno zbog zaštite čovjekovog zdravlja, ali i ugroženosti životinjskog i biljnog svijeta. Kategorija kakvoće zraka određuje se jednom u dvanaest mjeseci pojedinačno za svaku tvar koja se kontinuirano prati s ciljem zaštite čovjeka i okoliša. Da bi se mogle utvrditi koncentracije onečišćujućih tvari potrebno je sustavno praćenje kvalitete zraka, odnosno monitoring. Postavlja se mreža

mjernih uređaja koje mjere i bilježe koncentracije odabranih onečišćujućih tvari na određenom prostoru i vremenu, prikupljeni podaci se šalju na računalo koje ih preuzima, pohranjuje i objavljuje te rezultate. (9,10)

**Tablica 2.** Granična vrijednost koncentracija PM10 u zraku obzirom na zaštitu zdravlja ljudi.

Izvor: Uredba o raznim onečišćujućih tvari u zraku, Narodne novine, br. NN 117/2012

PM10	24 sata	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	GV ne smije biti prekoračen više od 35 puta godišnje.
	kalendarska godina	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	



## 2. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovoga rada je ispitati postoji li utjecaj odlagališta otpada na koncentracije lebdećih čestica promjera manjeg od 10  $\mu\text{m}$ . Podaci o koncentracijama lebdećih čestica prikupljeni su na dvije mjerne postaje, jedna se nalazi na Viškovu-Mariščina dok druga u Splitu-Karepovac. Na temelju mjernih podataka s mjernih postaja dvaju primorskih gradova odredit će se utjecaj odlagališta otpada na koncentraciju lebdećih čestica.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Mjerna postaja Viškovo-Mariščina

Centar za gospodarenje otpadom „Mariščina“ osim za odlaganje komunalnog otpada je zamišljen kao sustav za prihvata, obradu i recikliranje otpada Primorsko-goranske županije (PGŽ). Dijeli se na radnu zonu i prostor za odlaganje otpada (brtveni sustav) površine 21 ha. U blizini centra se nalazi mjerna postaja Viškovo-Mariščina koja je namijenjena za praćenje rada i procjene utjecaja na okolno područje. Radi se o industrijskoj postaji s obzirom na izvor emisija, a to su obrada i odlaganje otpada. Nalazi se u prigradskom području, općini Viškovo (broj stanovnika 15 000). Smještena je na 446 metara nadmorske visine, 45° 24' i 8" sjeverne širine i 14° 23' 18" istočne duljine. Automatska mjerna postaja je u obliku kontejner, sadrži uređaje za analizu, koji dobivene vrijednosti šalju na glavno računalo. Uređaji za prikupljanje zraka se nalazi na krovu postaje, a uz to opremljena je klima uređajem, automatskim sustavom za gašenje požara, protuprovalnim alarmom te nadzornim kamerama. Oko same postaje je postavljena ograda od žice za sprječavanje neovlaštenog pristupa. Osim što se mjere koncentracije onečišćujućih tvari, postaja posjeduje i senzore za praćenje meteoroloških parametara. Osim lebdećih čestica određuju se koncentracije i drugih tvari, a to su: NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, O<sub>3</sub>, C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, NH<sub>3</sub>, benzen, toluen, ksilen, etilbenzen, metali Pb, Cd, As i Ni, UTT.

(13, 14)



**Slika 8.** Odlagalište otpada Marišćina

Izvor: <https://www.ekoplus.hr/mariscina.php>



**Slika 9.** Mjerna postaja Viškovo-Marišćina

### 3.2. Mjerna postaja Split-Karepovac

Mjerna postaja se nalazi u blizini Splitskog odlagališta otpada Karepovac u Splitsko-dalmatinskoj županiji (SDŽ). Odlagalište je u postupku sanacije i ne može se zatvoriti dok se ne otvori centar za gospodarenje otpadom u Lećeveci. Odlagalište Karepovac je locirano u središtu urbane zone Splita, a gotovo potpuno je okružen naseljima Vranjica, Solina, Mravinaca, Kučina, Žrnovnice i Stobreča. Sama postaja se nalazi na području naselja Kamen, koje je udaljeno od odlagališta 300 m na kosom terenu. Visina odloženog otpada na pojedinim mjestima seže i do 35 m. (20) Tip postaje je s obzirom na izvor emisije industrijski i prometni. Smještena je na 43°31'47" sjeverne širine i 16°30'48" istočne duljine. Stalan monitoring se provodi za lebdeće čestice, metale u PM10, UTT, H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>. Nalazi se na terasi privatnog objekta na visina od 4 m. Rezultate šalju na glavno računalo. (15)



**Slika 10.** Automatska mjerna postaja Karepovac, na terasi privatnog objekta.

Izvor: <http://www.nzjz->

[split.hr/images/EKOLOGIJA/ZRAK/GODISNJI\\_IZVJESTAJ\\_Karepovac\\_2018.pdf](http://www.nzjz-split.hr/images/EKOLOGIJA/ZRAK/GODISNJI_IZVJESTAJ_Karepovac_2018.pdf)



**Slika 11.** Odlagalište otpada Karepovac

Izvor:

[https://www.google.com/search?q=karepovac&rlz=1C1GGRV\\_enHR748HR748&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjdsP9x7ziAhWwlosKHTVKBHgQ\\_AUIDigB&biw=1366&bih=625#imgrc=KdcdbZX7pjMGc](https://www.google.com/search?q=karepovac&rlz=1C1GGRV_enHR748HR748&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjdsP9x7ziAhWwlosKHTVKBHgQ_AUIDigB&biw=1366&bih=625#imgrc=KdcdbZX7pjMGc)

M:

### 3.3. Mjerni instrumenti

Za mjerenje lebdećih čestica promjera manjeg od 10  $\mu\text{m}$  na mjernoj postaji Viškovo-Mariščina tijekom 2018. godine koristili su se sljedeći analizator: uzorkivač Sven Leckel SEQ 47/50, uzorkivač HVS (High Volume Sampler) Tisch- Pacwill Environmental koji rade na principu gravimetrijske referentne metode preko filter papira i nije moguć on-line prikaz podataka, te analizator TEOM 1400 (Thermo Scientific Ambient Particulate Monitor). Analizator TEOM 1400, mjeri masene koncentracije lebdećih čestica, te zbog svoje visoke

kvalitete prepoznat je zemljama poput Kanade, Hong Konga, Francuske i Velike Britanije. Princip rada je da uzorak zraka prolazi kroz filter, a porast mase se očituje na filter papiru i važe se na mikrovazi. Vaga radi na principu promjene frekvencije oscilatornog dijela. To bi značilo da će takav element uvijek oscilirati istom frekvencijom dok se njegov gornji dio ne optereti nekom masom u ovom slučaju masom lebdećih čestica. Kada je opterećen fekvencija se smanjuje proporcionalno masi. Upravo se takva razlika u masi između dva očitavanja fekvencije određuju pomoću jednadžbe, na temelju tih podataka, mase čestica i volumena uzorkovanog zraka izračunava se koncentracija čestica u zraku u određenom vremenskom intervalu. Ovisno o vrsti uzorkivača zraka, sustav se podešava za mjerenje koncentracija PM10, PM2.5 ili još manje čestice. (1, 16)

Mjerna postaja Karepovac koristi standardnu gravimetrijsku metodu za određivanje koncentracije lebdećih čestica. Metoda je normirana (HRN EN 12341:2014) i propisana regulativama Republike Hrvatske i Europske unije. Prije postavljanja filter papir se važe, a iduće vaganje filter papira preko kojeg je uzorkovan zrak se provodi nakon određenog vremena. Upravo razlika tih dvaju vaganja predstavlja masu lebdećih čestica. Kako bi osigurali točne rezultate potrebno je kondicioniranje uzorka da bi se otklonio utjecaj vlage na točnost mjerenja. Da bi se dobila koncentracija lebdećih čestica potrebno je imati podatke o volumenu uzorkovanog zraka, a volumen se mjeri putem usisnih uređaja. Da bi se isključila mogućnost pojave čestica većeg promjera od 10  $\mu\text{m}$  na filter papiru, usisani zrak prvo prolazi kroz uređaj u kojem se usisani zrak ubrzava prema površini uređaja. Veće čestice se zbog većeg ubrzanja zadržavaju, a one manje od 10  $\mu\text{m}$  se ponesene strujom zraka kreću u suprotnom smjeru i odlaze do filter papira. (1)



**Slika 12.** Automatski analizator TEOM 1400

Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Thermo-Scientific-TEOMR-1400AB-TEOMR-1405-Ambient-Particulate-Monitor-or-Rupprecht\\_fig2\\_304382205](https://www.researchgate.net/figure/Thermo-Scientific-TEOMR-1400AB-TEOMR-1405-Ambient-Particulate-Monitor-or-Rupprecht_fig2_304382205)



**Slika 13.** Uređaj na principu standardne gravimetrijske metode, SEQ 47/50 Sven Leckel

Izvor: <https://www.et.co.uk/products/air-quality-monitoring/particulate-monitoring/seq-4750-sequential-gravimetric-sampler>

## 4. REZULTATI

### 4.1. Mjerna postaja Viškovo-Mariščina

**Tablica 3.** Rezultati dnevna mjerenja lebdećih čestica tijekom 2018. godinu analizirani automatskim uređajem na mjernoj postaji Mariščina

Izvor: Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije (2018), Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Mariščina. Preuzeto s :

<http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=86717>

Razdoblje	Broj uzoraka	Obuhvat podataka (%)	Prosječna koncentracija	Maksimalna koncentracija	n>GV	Medijan	98-percentil
24-sata	181	50	22	109	n>50 2	20	43

\*n>GV - broj uzoraka čija je koncentracija iznad propisane granične vrijednosti

**Tablica 4.** Rezultati dnevnih mjerenja lebdećih čestica od 18.9-14.11.2018 dobivena gravimetrijskom metodom na mjernoj postaji Mariščina

Izvor: Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije (2018), Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Mariščina. Preuzeto s :

<http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=86717>

Razdoblje	Broj uzoraka	Obuhvat podataka (%)	Prosječna koncentracija	Maksimalna koncentracija	n>GV	Medijan	98-percentil
24-sata	28	48	31	73	n>50 5	30	64

\*n>GV - broj uzoraka čija je koncentracija iznad propisane granične vrijednosti



**Tablica 5.** Mjesečni rezultati koncentracija PM10, izmjereni automatskim uređajem na mjernejoj postaji Marišćina. Izvor: Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije (2018), Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Marišćina. Preuzeto s : <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=86717>

Mjesec	Broj uzoraka	Prosječna koncentracija	Min. izmjerena koncentracija	n>50	Max. izmjerena koncentracija	Datum max. koncentracije
Siječanj	29	21	6	0	37	30.01.
Veljača	16	22	7	0	48	16.02.
Ožujak	27	18	7	0	36	26.03.
Travanj	25	26	11	2	109	16.04.
Svibanj	20	24	9	0	24	12.05.
Lipanj	17	24	13	0	36	08.06.
Srpanj	13	23	16	0	37	04.07.
Studeni	13	19	10	0	40	30.11.
Prosinac	21	19	8	0	37	01.12.
Ukupno	181	22	6	2	109	16.04.

\*n>50- broj uzoraka čija je koncentracija iznad vrijednosti od 50 µg/m<sup>3</sup>

**Tablica 6.** Mjesečni rezultati koncentracija PM10, izmjereni gravimetrijskom metodom na mjernoj postaji Marišćina od 18.09.-14.11.2018.

Izvor: Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije (2018), Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Marišćina. Preuzeto s :

<http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=86717>

Mjesec	Broj uzoraka	Prosječna koncentracija	Min.izmjerena koncentracija	n>50	Max. izmjerena koncentracija	Datum max. koncentracije
Rujan	11	20,9	2,1	0	33,6	20.9 i 28.9
Listopad	13	41,8	13,7	5	73,0	18.10.
Studen	4	28,4	21,2	0	32,4	6.11

\*n>50- broj uzoraka čija je koncentracija iznad vrijednosti od 50 µg/m<sup>3</sup>

## 4.2. Mjerna postaja Split-Karepovac

**Tablica 7.** Mjesečni rezultati mjerenja lebdećih čestica tijekom 2018. godinu dobivena gravimetrijskom metodom na mjernoj postaji Karepovac.

Izvor: Nastavni Zavod za javno zdravstvo Splitsko- dalmatinske županije (2018) Godišnje izvješće o ispitivanju kvalitete zraka na području mjerne postaje „Karepovac“. Preuzeto s :

<http://www.nzjz->

[split.hr/images/EKOLOGIJA/ZRAK/GODISNJI\\_IZVJESTAJ\\_Karepovac\\_2018.pdf](http://www.nzjz-split.hr/images/EKOLOGIJA/ZRAK/GODISNJI_IZVJESTAJ_Karepovac_2018.pdf)

Mjesec	Broj uzoraka	Prosječna koncentracija	Min. izmjerena koncentracija	n>50	Max. izmjerena koncentracija	Vrijeme max. koncentracije
Siječanj	31	16,2	5,08	0	40,2	30.01
Veljača	28	19,1	5,62	0	38,7	28.02
Ožujak	31	17,5	7,44	0	34,8	01.03
Travanj	30	38,0	5,89	5	181,6	17.04
Svibanj	31	20,8	4,6	0	42,5	01.05
Lipanj	30	18,4	4,9	1	59,9	19.06
Srpanj	31	19,5	11,8	0	36,8	07.07
Kolovoz	31	25,0	8,6	0	35,02	07.08
Rujan	30	21,3	11,8	0	43,0	30.09
Listopad	31	22,7	5,6	0	46,8	23.10

Studeni	30	17,3	2,6	1	51,0	10.11
Prosinac	31	13,3	0,82	0	25,7	07.12
Ukupno	365	20,8	0,82	7	181,6	17.04

\*n>50- broj uzoraka čija je koncentracija iznad vrijednosti od 50 µg/m<sup>3</sup>

**Tablica 8.** Rezultati dnevnih mjerenja lebdećih čestica tijekom 2018. godinu dobivena gravimetrijskom metodom na mjernoj postaji Karepovac.

Izvor: Nastavni Zavod za javno zdravstvo Splitsko- dalmatinske županije (2018) Godišnje izvješće o ispitivanju kvalitete zraka na području mjerne postaje „Karepovac“. Preuzeto s :

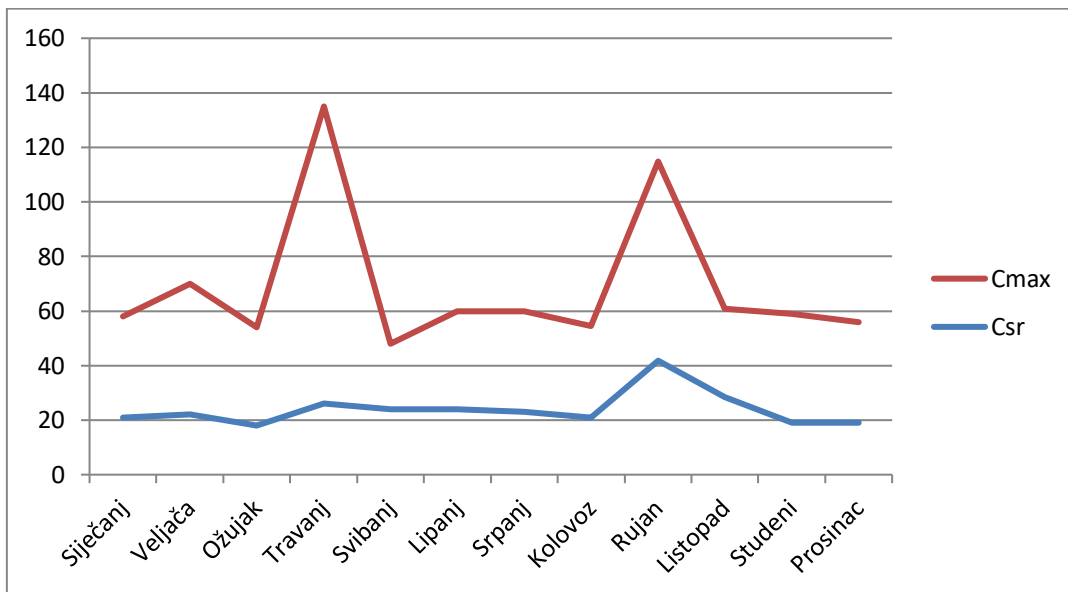
<http://www.nzjz->

[split.hr/images/EKOLOGIJA/ZRAK/GODISNJI\\_IZVJESTAJ\\_Karepovac\\_2018.pdf](http://www.nzjz-split.hr/images/EKOLOGIJA/ZRAK/GODISNJI_IZVJESTAJ_Karepovac_2018.pdf)

Razdoblje	Broj uzoraka	Obuhvat podataka (%)	Prosječna koncentracija	n>GV	Medijan	98-percentil
24-sata	365	100	20,74	n>5 7	18,41	48,72

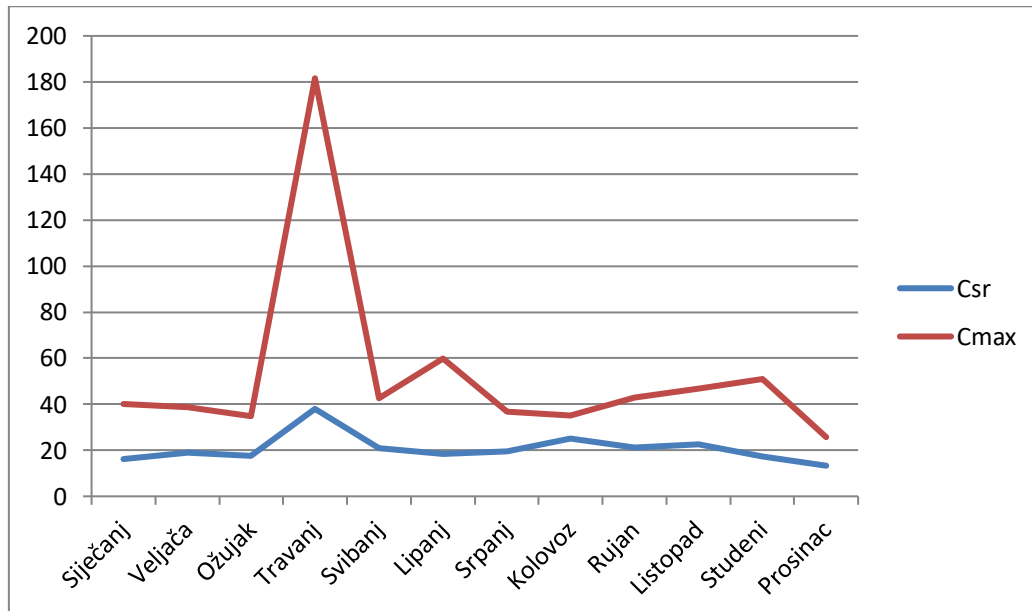
\*n>GV - broj uzoraka čija je koncentracija iznad propisane granične vrijednosti

### 4.3. Grafički prikaz rezultata



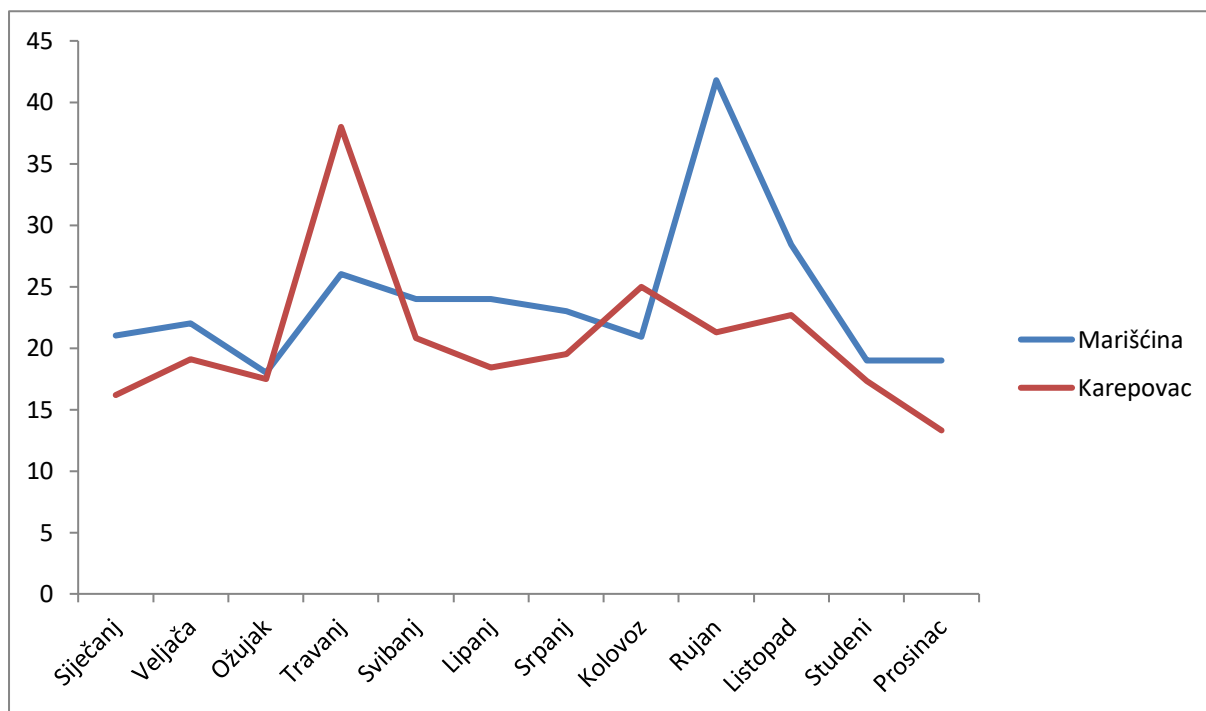
Slika 14. Grafički prikaz koncentracija PM10 kroz mjesec u 2018. godini na mjernoj postaji

Viškovo-Mariščina.

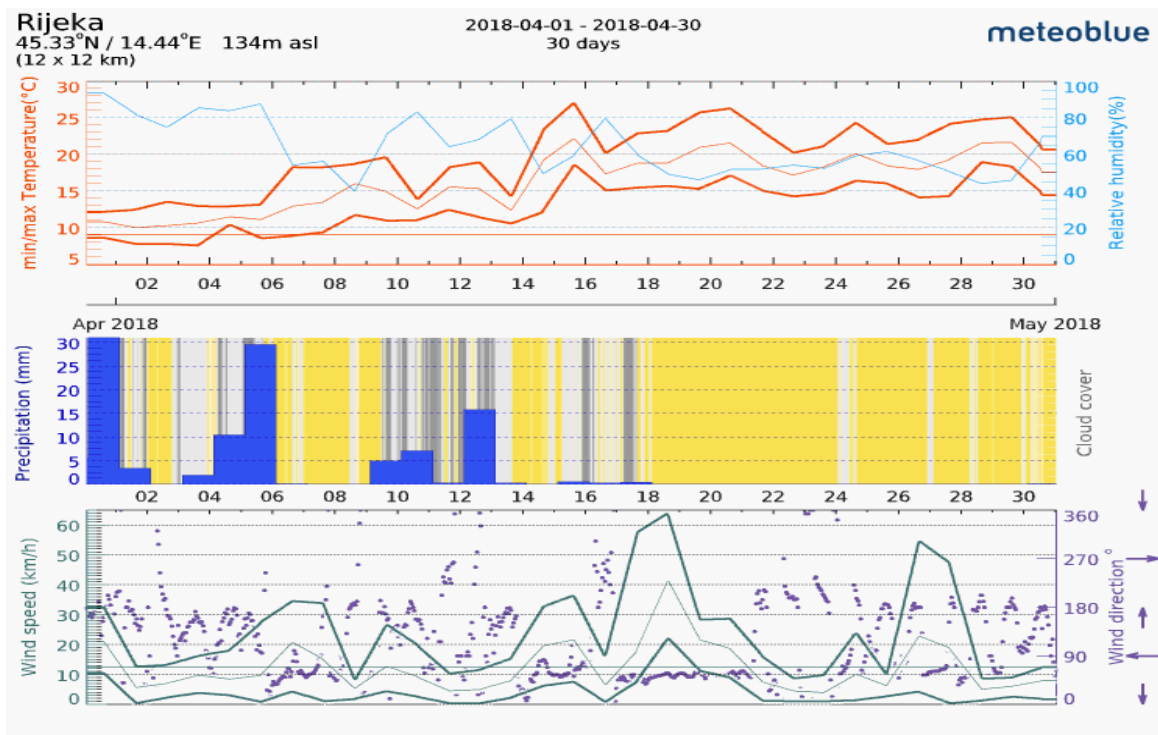


Slika 15. Grafički prikaz koncentracija PM10 kroz mjesec u 2018. godini na mjernoj postaji

Split-Karepovac.

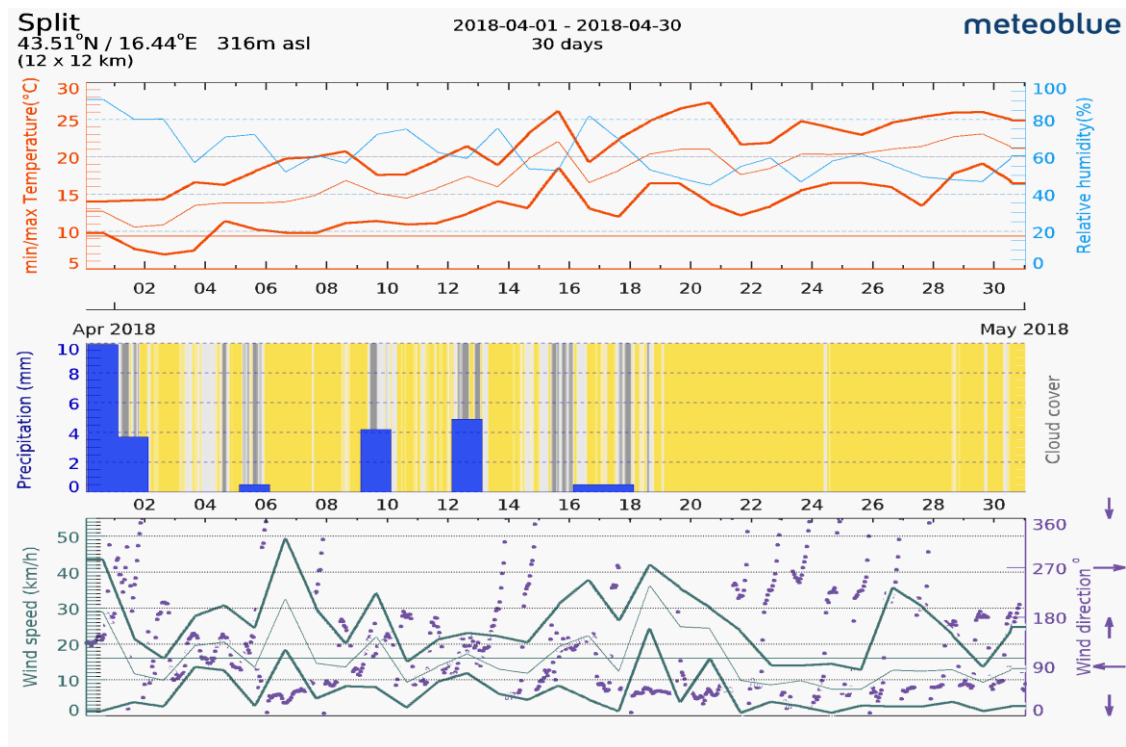


**Slika 16.** Usporedba zbirnih rezultata koncentracije lebdećih čestica po mjesecima kroz 2018. godinu dviju mjernih postaja (Mariščina i Karepovac)



**Slika 17.** Grafički prikaz meteoroloških prilika za travanj 2018. godine u Rijeci.

Izvor: [https://www.meteoblue.com/en/weather/forecast/archive/rijeka\\_croatia\\_3191648](https://www.meteoblue.com/en/weather/forecast/archive/rijeka_croatia_3191648)



**Slika 18.** Grafički prikaz meteoroloških prilika za travanj 2018. godine u Splitu.

Izvor: [https://www.meteoblue.com/en/weather/forecast/archive/split\\_croatia\\_3190261](https://www.meteoblue.com/en/weather/forecast/archive/split_croatia_3190261)

## 5. RASPRAVA

Osim prometa kao glavnog izvora lebdećih čestica ističu se i odlagališta otpada koja emitiraju razne plinove u atmosferu, s njima i lebdeće čestice. Velika je pozornost posvećena odlagalištima otpada zbog njihovog klimatskog utjecaja ali lebdeće čestice također imaju velik utjecaj na lokalna onečišćenja zraka i ljudsko zdravlje. Do sada provedena epidemiološka istraživanja pokazuju jasnu vezu između koncentracija lebdećih čestica i štetnog utjecaja na zdravlje, odnosno povećanog morbiditeta i mortaliteta. Prašina se stvara raznim mehaničkim i kemijskim procesima, a neki od njih su:

- transport samog otpada (poglavito kretanje preko suhих neasfaltiranih pristupnih cesta)
- prevrtanje otpada (osobito na povišenim dijelovima koji su više izloženi vjetrovima)
- zbijanje otpada (buldožerima i drobilicama)(17)

Granične vrijednosti lebdećih čestica definirane su u Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku NN 117/2012 i iznose najviše  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  u vremenskom periodu od 24 sata s naglaskom da se granica ne smije prekoračiti više od 35 puta godišnje.  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  označava granicu srednje vrijednosti koncentracije za kalendarsku godinu. Iz rezultata dobivenih na mjernim postajama Viškovo-Marišćina i Split-Karepovac vidljivo je da se na oba područja nije prijedena granična vrijednost od  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  za kalendarsku godinu. Ipak nekoliko puta se na oba područja javilo prekoračenje dnevne granične vrijednosti od  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i to na mjernoj postaji Viškovo-Marišćina 7 puta u kalendarskoj godini s najvećom izmjerenom koncentracijom od  $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na dan 16.04.2018. Na mjernoj postaji Split-Karepovac je dnevna granična vrijednost prekoračena također 7 puta u kalendarskoj godini s najvećom izmjerenom koncentracijom od  $181,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na dan 17.04.2018. Vidljivo je da najveća zabilježena koncentracija u cijeloj kalendarskoj godini na oba mjerna mjesta zabilježena u travnju i to razlike samo jedan dan. Promatrajući zbirne rezultate na godišnjoj razini srednja



vrijednost koncentracija lebdećih čestica je neznatno niža na mjernoj postaji Karepovac-Split i iznosi  $21,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nego na Viškovu-Marišćina gdje iznosi  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Prema zbirnim rezultatima prosječnih vrijednosti koncentracija po mjesecima nema utvrđene koleracije između podataka ovih dviju mjernih postaja (Slika 16.). Važno je napomenuti da je tijekom 2018. godine uređaj za mjerenje lebdećih čestica nekoliko puta zamijenjen na mjernoj postaji Viškovo-Marišćina pa je samim tim nepouzdana uspoređivanje podataka dobivenih automatskim analizatorom i podataka dobivenih standardnom gravimetrijskom metodom. Tijekom obrade podataka nije korišten korekcijski faktor iz razloga što su korištena tri različita analizatora i dva različita uzorkivača. Množenje s korekcijskim faktorom je potrebno zbog temperature rada uređaja, sezone (ljetno ili zima), hlapljivih tvari i vlage. Iz grafičkog prikaza (Slika 17.) vidljivo je da su meteorološke prilike pogodne za porast koncentracija lebdećih čestica u tom periodu. Dana 16.04.2018. je zabilježena najveća koncentracija PM10 od  $109 \mu\text{g}/\text{m}^3$  na području Rijeke temperature su bile prilično visoke ( $25^\circ\text{C}$ ), oborine izrazito niske (1,6-3,9 mm), brzina vjetra umjereno jaka od 29 km/h i na poslijetku ali ne i manje važna relativna vlažnost od 70% što je poprilično visoka vrijednost. Veća relativna vlažnost uz sušno vrijeme i umjereno jak vjetar znače i veća koncentracija lebdećih čestica. Koncentracija PM10 navedenih mjernih postaja u blizini odlagališta izračunata je kao zbroj koncentracije prašine koja je porijeklom osim s odlagališta i iz prometa i koncentracije izmjerene u pozadini, što uključuje sve ostale moguće izvore. Meteorološka situacija u Splitu (Slika 18.) za vrijeme pojave najviših koncentracija lebdećih čestica kroz travanj 2018. godine je slična kao i u Rijeci. Visoka relativna vlažnost (80%), sušno vrijeme (volumen ne prelazi 3 mm) i umjereno jak vjetar (35 km/h). Promatrajući sezonske varijacije rezultata zabilježen je velik broj prekoračenja granične vrijednosti u toplom dijelu godine od travnja do rujna, te navedeno možemo pripisati građevinskim radovima i radovima na prometnicama koji su značajan izvor prašenja, a njihove sitne čestice vjetar može prenijeti na velike udaljenosti. Na

mjernoj postaji Marišćina osim povećanja u toplom dijelu godine, bilježi se i ono u zimskom periodu iako značajno niže, ipak nije zanemarivo. Uzrok povećanja koncentracija u ovom periodu je sezona grijanja odnosno emisije iz kućanstva dok u Splitu u tom periodu nema zabilježenih znatnih povećanja, a razlog tome je što se stanovnici grada Splita rijetko griju pećima na drva. Istraživanje provedeno na odlagalištu Akrotiri poluotoku koji se nalazi istočno od grada Chania na grčkom otoku Kreta utvrdili su prosječnu dnevnu koncentraciju koncentraciju lebdećih čestica PM10 vanjskog postrojenja odlagališta od  $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dok je prosječna koncentracija na radnom mjestu (prosječno 6 sati) bila je čak  $132 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Izmjerene koncentracije navedenim istraživanjem su veće od rezultata dobivenih ovim istraživanjem jer su mjerene direktno na odlagalištu i radnom mjestu, dok su mjerne postaje Marišćina i Karepovac ipak udaljene od samog odlagališta. Naravno, treba uzeti u obzir i tehnologiju obrade otpada na navedenim odlagalištima kao i meteorološke prilike koje su bile u vrijeme navedenog istraživanja. (17) Mjerenja koja se provode na mjernim postajama AirBasea Slika 3. pokazuju godišnje srednje vrijednosti koncentracija PM10 u Europi i kreću se između  $26-32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , što vidimo na Slici 19. je vidljivo da je Hrvatska označena zelenim i žutim oznakama koje predstavljaju koncentracije ispod granične vrijednosti, konkretno zelena raspon od  $20-31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  i žuta od  $31-40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Vidljiva je jedna tamno crvena oznaka na granici s Bosnom i Hercegovinom koja predstavlja koncentracije iznad  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  koje su prešle granične vrijednosti.(18) Prema podacima mjernih postaja vidljivo je da ni jednom području nije prekoračena dnevna granična vrijednost više od 35 puta godišnje, točnije na obje mjerne postaje je zabilježeno prekoračenje 7 puta. Izmjerene koncentracije ne prelazi ni godišnje granične vrijednosti, ali obuhvat podataka (57%) za mjernu postaju Marišćina nije zadovoljio kriterij stalnog mjerenja pa se ovi podaci trebaju uzeti s rezervom. Obuhvat podataka mjerne postaje Karepovac iznosi 100% i moguće je klasificirati područje prema zakonu.

## 6. ZAKLJUČAK

- Obuhvat podataka na mjernoj postaji Viškovo-Marišćina nije dovoljan za klasifikaciju kategorije zraka prema parametru PM10, ukupan broj dana za koje postoje zabilježene koncentracije je 209 dana (57%). Od toga je 7 puta prekoračena granična vrijednost koja iznosi  $50 \mu\text{m}/\text{m}^3$ . Prosječna koncentracija za izmjerni period iznosila je  $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Obuhvat podataka na mjernoj postaji Split-Karepovac iznosi 100 % i može se klasificirati u prvu kategoriju zraka, iako je tijekom godine zabilježeno 7 prekoračenja granične vrijednosti. Prosječna godišnja koncentracija iznosila je  $21,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- Najviše prekoračenja javlja se u toplijem dijelu godine, odnosno od travnja do rujna. Razlog tome su meteorološki uvjeti i ostali izvori lebdećih čestica koji su aktivniji u tom periodu.
- Prema dobivenim podacima možemo zaključiti da je kvaliteta zraka na odlagalištima zadovoljavajuća, ali svakako je potrebno nastaviti provoditi kontinuirana praćenja sa većim obuhvatom kako bi na vrijeme uočili bilo kakve promjene i bili u mogućnosti reagirati na njih kako nebi došlo do štetnih posljedica na ljudsko zdravlje.
- Kako bi se smanjila emisija lebdećih čestica potrebno je redovito održavati pristupne ceste odlagališta, koristiti odgovarajuće materijali za pokrivanje površina otpada, saditi drveća zbog sposobnosti zadržavanja prašine u drveću, ugraditi filtera u zatvorenom prostoru.

## LITERATURA

1. Peternel, Renata. Hercog, Predrag. Zaštita atmosfere, Velika Gorica: Veleučilište Velika Gorica, 2017. str. 337-346.
2. Tarnik, Tamara. Zaštita zraka i atmosfere, zagreb: iproz, 2010. (Zagreb: O-tisak), 67 str.
3. Sofilić, Tahir. Zdravlje i okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak, 2015.
4. Kelly, F. J., & Fussell, J. C. (2012). Size, source and chemical composition as determinants of toxicity attributable to ambient particulate matter. *Atmospheric Environment*, 46, 504–526.
5. Kim, K.-H., Kabir, E., & Kabir, S. (2015). A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment International*, 74, 136–143.
6. Anderson, J. O., Thundiyil, J. G., & Stolbach, A. (2011). Clearing the Air: A Review of the Effects of Particulate Matter Air Pollution on Human Health. *Journal of Medical Toxicology*, 8(2), 166–175.
7. K. Ružman, I. Smiljanić, M. Stojnić, Utjecaj gustoće prometa i meteoroloških čimbenika na koncentraciju PM1.0 čestica u zraku, Seminarski rad, Prirodoslovno - matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 2009.
8. J. H. Seinfeld, S. N. Pandis, *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2006.
9. Zakon o zaštiti zraka, Narodne novine, br. NN 130/11, 47/14, 61/17, 118/18
10. Uredba o raznim onečišćujućim tvarima u zraku, Narodne novine, br. NN 117/2012
11. Dinko Puntarić, Maja Miškulin, Jasna Bošnjir i suradnici, *Zdravstvena ekologija*, Medicinska naklada, Zagreb 2012. Str. 329-339

12. Zlatko Milanović, Odlaganje otpada i zaštita zdravlja ljudi, Gospodarstvo i okoliš, 75/2005
13. Mirko Budiša, Praćenje kakvoće zraka u okviru županijskog centra za gospodarenje otpadom „Marišćina“, Gospodarstvo i okoliš, 91/2008
14. Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije (2018), Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Marišćina. Preuzeto s : <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=86717>
15. Nastavni Zavod za javno zdravstvo Splitsko-dalmatinske županije (2018) Godišnje izvješće o ispitivanju kvalitete zraka na području mjerne postaje „Karepovac“. Preuzeto s : [http://www.nzjz-split.hr/images/EKOLOGIJA/ZRAK/GODISNJI\\_IZVJESTAJ\\_Karepovac\\_2018.pdf](http://www.nzjz-split.hr/images/EKOLOGIJA/ZRAK/GODISNJI_IZVJESTAJ_Karepovac_2018.pdf)
16. Product Specifications, Thermo Scientific Ambient Particulate Monitor, TEOM® 1400ab. Preuzeto s : [file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/D19391 .pdf](file:///C:/Users/Korisnik/Downloads/D19391.pdf)
17. Chalvatzaki, E., Glytsos, T., & Lazaridis, M. (2015). A methodology for the determination of fugitive dust emissions from landfill sites. *International Journal of Environmental Health Research*, 25(5), 551–569.
18. European Environment Agency, Air quality in Europe -2017 report, No 13/2017. Preuzeto s : <https://skupnostobcin.si/wp-content/uploads/2017/10/airquality2017-15-29.pdf>
19. Jasminka Godnić- Cvar, Eva Valić, Zdravstveni učinci ultrasitnih čestica, *Gospodarenje i okoliš*, 66/2004.
20. Tanja Roje-Bonacci, Mogućnost poboljšanja svojstva nasipa komunalnog otpada na odlagalištu Karepovac u Splitu (s geotehničkog stajališta), 72/2005.

## ŽIVOTOPIS

Zovem se Nikolina Čapeta i rođena sam 11.09.1995. godine u Splitu. Osnovnu školu pohađala sam u Splitu OŠ „Trstenik“ od 2002.-2010. godine. Završetkom osnovne škole upisujem opću gimnaziju u privatnoj srednjoj školi Marko Antun de Dominis, a iduće godine se premještam u II. jezičnu gimnaziju Split koju završavam 2014. godine. Iste godine upisujem preddiplomski stručni studij Sanitarnog inženjerstva na Zdravstvenom Veleučilištu u Zagrebu. 2017. Godine stječem naziv prvostupnik (baccalaurea) sanitarnog inženjerstva i upisujem Diplomski sveučilišni studij Sanitarnog inženjerstva u Rijeci i ostajem na njemu do danas. Kao mentora za svoj diplomski rad odlučila sam se za Doc. dr. sc. Željko Linšak, dipl. sanit. ing. još za vrijeme trajanja kolegija Higijena zraka.