

# PRAĆENJE KONCENTRACIJE AMONIJAKA U ZRAKU U OKRUŽENJU TVORNICE GNOJIVA

---

**Sabljak, Dona**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2020**

*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:184:230946>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-07**



*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Dora Arbanas

PRAĆENJE LEBDEĆIH ČESTICA U PARKU PRIRODE TELAŠĆICA

Diplomski rad

Rijeka, 2020.

SVEUČILIŠTE U RIJECI  
MEDICINSKI FAKULTET  
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ  
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Dora Arbanas

PRAĆENJE LEBDEĆIH ČESTICA U PARKU PRIRODE TELAŠĆICA

Diplomski rad

Rijeka, 2020.

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 60 stranica, 25 slika, 18 tablica, 47 literaturnih navoda.

## Sažetak

Lebdeće čestice jedne su od brojnih zagađivala zraka koji imaju negativno djelovanje na ljudsko zdravlje, kao i na biljne i životinjske zajednice.

U ovom radu analizirane su frakcije lebdećih čestica  $PM_{10}$  i  $PM_{2,5}$ , čija se koncentracija prati na mjernoj postaji Vela Straža koja pripada državnoj mreži za kontrolu kvalitete zraka. Navedena postaja smještena je u okružju Parka prirode Telašćica te su dobiveni rezultati promatrani kao prikaz kvalitete zraka na zaštićenom području Republike Hrvatske. Tijekom promatranog razdoblja (2016. - 2018.) analizirane su maksimalne i srednje vrijednosti koncentracija lebdećih čestica, trajanje najdužeg prekida u mjerenju na navedenoj postaji te prekoračenje propisanih graničnih vrijednosti.

Zaključeno je da PP Telašćica, kao i ostali parkovi prirode u RH, pripadaju prvoj kategoriji kvalitete zraka.

ključne riječi: zrak, onečišćenje, lebdeće čestice, Park prirode Telašćica

## Summary

Particulate matter is one of many air pollutants that have a negative impact on human health, as well as on surrounding plants and animals.

This paper analysed the concentration of particulate matter fractions  $PM_{10}$  and  $PM_{2.5}$ , whose concentration was measured on Vela Straža measuring station, which belongs to state air control network. The station is located near Nature Park Telašćica and obtained results are observed as a representation of air quality in protected area in Republic of Croatia. During the observed period (2016. - 2018.) the maximum and mean values of the concentrations of particulate matter, the duration of the longest interruption in the measurement at the specified station and the exceeding of the prescribed limit values were analysed.

It was concluded that Nature Park Telašćica, as well as other nature parks in the Republic of Croatia, belong to the first category of air quality.

key words: air, pollution, particulate matter, Nature Park Telašćica

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. OPIS ISTRAŽIVANOG PODRUČJA .....	2
2.1. PARK PRIRODE TELAŠĆICA .....	2
2.2. SMJEŠTAJ PARKA.....	2
2.3. PRIRODNE VRIJEDNOSTI PARKA PRIRODE TELAŠĆICA .....	3
2.4. EKOLOŠKA MREŽA.....	4
2.5. NATURA 2000 .....	5
2.6. BIOLOŠKA RAZNOLIKOST KOPNA .....	7
2.7. BIOLOŠKA RAZNOLIKOST MORA .....	9
3. ONEČIŠĆENJE ZRAKA .....	12
4. LEBDEĆE ČESTICE.....	16
4.1. UTJECAJ LEBDEĆIH ČESTICA NA OKOLIŠ .....	23
4.2. UTJECAJ LEBDEĆIH ČESTICA NA LJUDSKO ZDRAVLJE .....	27
5. CILJ RADA .....	35
6. MATERIJALI I METODE.....	36
6.1. MREŽA PRAĆENJA KVALITETE ZRAKA .....	36
6.2. MJERNI INSTRUMENT .....	41
7. REZULTATI.....	43
7.1. KVALITETA ZRAKA U RAZDOBLJU OD 2011. DO 2015. GODINE.....	43
7.2. PRAĆENJE LEBDEĆIH ČESTICA TIJEKOM 2016. GODINE .....	43
7.3. PRAĆENJE LEBDEĆIH ČESTICA TIJEKOM 2017. GODINE .....	47
7.4. PRAĆENJE LEBDEĆIH ČESTICA TIJEKOM 2018. GODINE .....	51
8. RASPRAVA .....	56
9. ZAKLJUČAK .....	60
10. LITERATURA .....	61

## 1. UVOD

Park prirode Telašćica područje je specifične krajobrazne ljepote koju odlikuju kontrasti; blaga šetnica sa spokojnim plažama proteže se duž unutarnje obale uvale Telašćica dok oštre litice štite od otvorenog mora. Na ovom području tradicionalno se izmjenjuju vinogradi i maslinici, kao i livade bogate mediteranskim raslinjem s više od 300 vrsta flore i jednako bogatom faunom. Morski život bogat je biološkom raznolikošću s preko 450 vrsta faune i preko 300 vrsta biljnog svijeta zabilježenih na tom području. Najkarakterističnija značajka ovog mjesta je prekrasna zaštićena plaža Telašćica koja uključuje dvadeset pet malih uvala i šezdeset devet kilometara razvedene obale; litice Dugog otoka, koje se protežu iznad 150 metara nadmorske visine i padaju okomito do devedeset metara ispod razine mora te slano jezero Mir. U parku se mogu naći razne endemske biljke, kao što su izverugana gromotulja, bijela šupaljka i dalmatinska djetelina.

Budući zrak značajno utječe na ekosustav vrlo je važno na zaštićenom prostoru poput parka prirode kontrolirati onečišćujuće tvari te kvalitetu zraka. Zagađen zrak, odnosno zrak druge kategorije kvalitete utječe direktno i indirektno na svu živu i neživu prirodu područja. Neke od mogućih posljedica su smanjenje biološke raznolikosti, acidifikacija, eutrofikacija i slično. Također, onečišćujuće tvari iz zraka djeluju na sve sastavnice ljudskog organizma te mogu značajno degradirati zdravlje pojedinca. Jedne od brojnih onečišćujućih tvari upravo su frakcije lebdeće čestice  $PM_{10}$  i  $PM_{2,5}$ , čije se koncentracije mjere na prostoru Dugog otoka.



## 2. OPIS ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Prema Zakonu o zaštiti prirode (Narodne novine broj 80/13) park prirode je posebna kategorija zaštićenog područja od državnog značenja. Po članku 115. navedenog zakona za parkove prirode navode se sljedeće informacije:

„Park prirode je prostrano prirodno ili dijelom kultivirano područje kopna i/ili mora velike bioraznolikosti i/ili georaznolikosti, s vrijednim ekološkim obilježjima, naglašenim krajobraznim i kulturno-povijesnim vrijednostima.

Park prirode ima i znanstvenu, kulturnu, odgojno-obrazovnu te rekreativnu namjenu.

U parku prirode dopuštene su gospodarske i druge djelatnosti i zahvati kojima se ne ugrožavaju njegova bitna obilježja i uloga.“ [1]

### 2.1. PARK PRIRODE TELAŠĆICA

Park prirode (PP) Telašćica jedan je od jedanaest parkova prirode rasprostranjenih na teritoriju Republike Hrvatske (RH). Također, jedan je od pet nacionalnih parkova i parkova prirode unutar kojih je pod zaštitom i kopneni i morski teritorij. Telašćica je proglašena parkom prirode 1988. godine odvajanjem dijela Nacionalnog parka Kornati, kojem je pripadala od 1980. godine [2].

Telašćica je danas zaštićeno područje zahvaljujući bujnom biljnom i životinjskom svijetu, raznovrsnim zajednicama morskog dna te geološkim fenomenima, među kojima se ističu uvala Telašćica, po kojoj je Park dobio svoje ime, okružena s trinaest otoka i otočića, strmac Dugog otoka te slano jezero Mir. [3]

### 2.2. SMJEŠTAJ PARKA

Park je smješten u sredini hrvatskog priobalnog područja te se nalazi se u Zadarskoj županiji, na Dugom otoku. Udaljenost od grada Zadra iznosi 25 km. Obuhvaća južni dio Dugog otoka, pripadajuće otočiće i dio akvatorija. Dugi otok najveći je otok zadarskog arhipelaga.

Na južnoj strani parka nalazi se otvoreno more, dok se na jugoistoku se nalazi Nacionalni park Kornati. Na sjeveru se proteže Lavdarski kanal s otokom Lavdara, dok sjeverozapad okupira kopno Dugog otoka. Park pripada općini Sali, a katastarski je podijeljen između dvije katastarske općine: Žman i Sali.

Teritorij PP Telašćica nije stalno naseljen, najbliže naselje je mjesto Sali. Među otocima i otočićima jedini naseljeni otok je Dugi otok i to izvan granica Parka, dok su ostali otoci povremeno naseljeni. [3]

Površina Parka iznosi 70,5 km<sup>2</sup> od čega se 25,95 km<sup>2</sup> nalazi na kopnu a 44,55 km<sup>2</sup> na moru. 93,4 % kopnenog dijela Parka pripada Dugom otoku dok preostalih 6,6 % otpada na otoke i otočiće.



Slika 1. Karta Parka s ucrtanom granicom, izvor: <https://mycroatia-mp.blogspot.com/2014/10/telascica-dugi-otok.html>

### 2.3. PRIRODNE VRIJEDNOSTI PARKA PRIRODE TELAŠĆICA

Prostor Telašćice pripada području Ekološke mreže i području Natura 2000. Ekološka mreža je model uzajamno povezanih ili prostorno bliskih područja važnih za ugrožene vrste i staništa, koja skladnom bio-geografskom raspodjelom znatno doprinose održavanju biološke ravnoteže i raznolikosti vrsta. Natura 2000 predstavlja ekološku mrežu Europske unije koja objedinjuje međunarodno važne lokacije unutar određenih članica unije, ključnih za održavanje ugroženih vrsta i održavanje stanišnih tipova.

## 2.4. EKOLOŠKA MREŽA

Područja koja pripadaju ekološkoj mreži usklađena su sa standardima ekološke mreže Europske unije NATURA 2000.

Područja definirana kao važna su:

- područja koja znatno pridonose održavanju biološke i krajobrazne raznolikosti u RH
- područja koja su biološki iznimno raznovrsna ili dobro očuvana, značajna po mjerilima međunarodnih ugovora kojih je RH potpisnica
- područja koja bitno pridonose genskoj povezanosti populacija bioloških vrsta (ekološki koridori)
- područja stanišnih tipova koji su ugroženi na svjetskom, europskom ili državnom nivou
- staništa endemičnih vrsta RH
- staništa divljih vrsta koje su ugrožene na svjetskom, europskom ili državnom nivou
- očuvane šumske cjeline
- selidbeni putovi životinja.

Područja su podijeljena u dvije kategorije :

- I. međunarodno važna područja za ptice
- II. područja važna za divlje svojte i stanišne tipove.

Unutar mreže područja se spajaju prirodnim ili umjetno oblikovanim koridorima. Takvi koridori osiguravaju prostor za kretanje živim organizmima od jedne lokacije do druge. U Hrvatskoj je ekološka mreža regulirana Zakonom o zaštiti prirode, a proglašena je Uredbom Vlade RH (NN 109/07). [4]

Područje PP Telašćica u potpunosti pripada Ekološkoj mreži te je ocijenjeno kao važno područje za divlje svojte i stanišne tipove. Temeljem procjene koju je izradio Zavod za ornitologiju Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, navedeno područje pripada Međunarodno važnom području za ptice “Nacionalni park Kornati i Park prirode Telašćica”. [3,4]

## 2.5. NATURA 2000

Natura 2000 je najveća koordinirana mreža zaštićenih područja na svijetu, obuhvaćajući preko 18 % kopnene površine EU i gotovo 6 % morskog teritorija. Proteže se kroz svih 27 zemalja EU, kako na kopnu tako i na moru. Nudi utočište najvrjednijim i najugroženijim vrstama i staništima u Europi. To nije sustav strogih prirodnih rezervata iz kojih su isključene sve ljudske aktivnosti. Pristup očuvanju i održivoj upotrebi područja Natura 2000 mnogo je širi, uglavnom usredotočen na suživot ljudi i prirode.

Osnova za proglašavanje Natura 2000 područja su Direktiva o očuvanju prirodnih staništa i divljih životinjskih i biljnih vrsta i Direktiva o zaštiti divljih ptica.

Svaka država članica upravlja zaštitom područja Natura 2000 prema vlastitim načelima održivog razvoja i kroz vlastito zakonodavstvo, na način koji osigurava održanje pojedinih divljih vrsta i stanišnih tipova opisanih u navedenim Direktivama. [3,5]

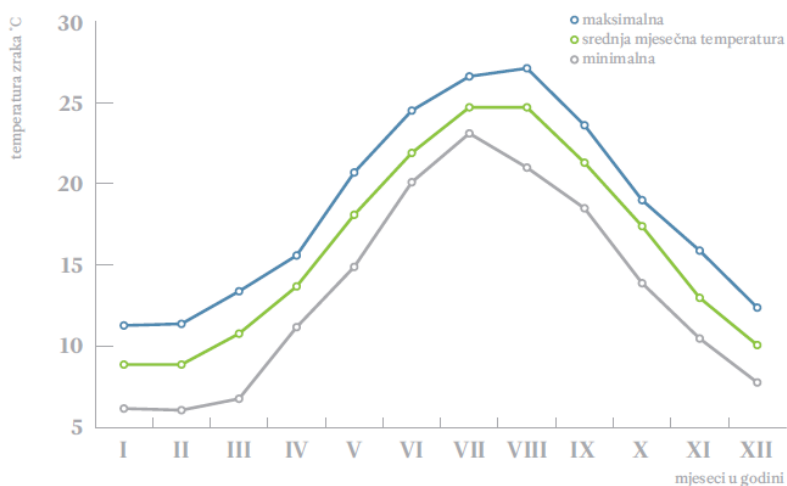
### **Klima**

Prostor Parka pripada vanjskim otocima čime je znatno podložan djelovanju mora koje regulira tlak, temperaturu i vlažnost zraka. Također, prostor Parka izložen je vjetrovima, osobito jugu te buri. Ljetni mjeseci topli su i suhi, djelovanjem visokog tlaka zraka. Zimski mjeseci su blagi te s umjerenom količinom padalina. Ovakav tip klime poznat je i pod imenom “klima masline“.

Telašćica se može pohvaliti s više od 2.500 sunčanih sati godišnje, srednjom siječanjskom temperaturom višom od 7°C i srednjom godišnjom temperaturom višom od 16°C. Zimi je more na približno 13°C, a ljeti na 23°C. Opisana klima pridonosi bogatstvu ekosustava parka prirode. [3]

Meteorološki podaci dobivaju se svakodnevnim očitavanjima na 3 meteorološke postaje:

- klimatološka meteorološka postaja Vela Sestrica – locirana unutar Parka
- postaja Sali – locirana nedaleko od Parka
- meteorološka stanica Šibenik.



Slika 2. Godišnje srednje mjesečne temperature zraka za razdoblje: 1971.-2000., izvor: Park prirode Telašćica: plan upravljanja 2012.-2022.

Sunčanih dana kroz cijelu godinu dvostruko je više od naoblake. Međutim, u danima kada prevladava oblačno vrijeme oborine padaju približno svaki dan. Relativna vlaga zraka godišnje se penje na 73 %, dok magloviti dani čine svega 20 % dana u godini. [3]

Tablica 1. Raspodjela kišnih maksimuma i minimuma:

Godišnje doba	Mjesec	Iznos padalina
Zima	Studeni (maksimum)	110 mm
Proljeće	Ožujak	81 mm
Ljeto	Kolovoz (minimum)	31 mm

Takva raspodjela pokazuje polu-aridnu klimu prostora, što znači da je riječ o polu-suhoj klimi. Ukupna godišnja količina oborina iznosi oko 830 mm, koje padnu tijekom 87 kišnih dana.

Što se tiče vjetrova, uobičajeno je da pušu vjetrovi iz sjevernog kvadranta, među kojima prednjači bura, naročito kroz zimske mjesec. No, tijekom toplijeg dijela godine karakterističan vjetar je maestral. Naj snažniji vjetar je jugo, uz ostale vjetrove koji pušu iz južnog kvadranta. Olujni vjetar rijetkost je na prostoru Parka, a i kada se dogodi to je većinom uz zimskom vremenu, uzrokovan jugom i burom. [3]

## 2.6. BIOLOŠKA RAZNOLIKOST KOPNA

### Vrste staništa

Staništa unutar PP Telašćica dijele se na tri kategorije:

- I. prirodna
- II. poluprirodna (potpomognuta ljudskim djelovanjem)
- III. umjetna.

Sukladno nacionalnoj klasifikaciji staništa RH koju je objavila Hrvatska agencija za okoliš i prirodu unutar granica parka smjestilo se dvanaest tipova kopnenih staništa.

Tablica 2. Podjela kopnenih staništa unutar parka:

Prirodna staništa	šumska staništa, morska obala, more
Poluprirodna staništa	poluprirodni travnjaci i šikare
Umjetna staništa	vrtovi, maslinici

Važno je naglasiti da su travnjačka staništa danas neophodna za održavanje biološke i krajobrazne raznolikosti unutar Parka. Travnjačka staništa pripadaju kategoriji poluprirodnih staništa, vrsti staništa koja su nastala pod antropogenim djelovanjem (npr. krčenje šuma) te je za njihovo napredovanje nužno aktivno upravljanje (npr. ispaša, odstranjivanje obraslog bilja). Veći dio navedenih staništa nastao je stočarstvom, dominantnom granom tijekom povijesti područja na kojem je danas Park. Takve aktivnosti dovele su do naseljavanja novih vrsta biljaka, životinja i gljiva. Nakon premještanja fokusa djelatnosti sa stočarstva na ostale grane došlo je do zarastanja travnjaka šumskim vrstama, proces poznat pod nazivom prirodna sukcesija. Prilikom zarastanja ugrožene su sve vrste te zajednice koje su do tada obitavale i rasle na tim travnjacima.

Pojavnost površinske vode na lokalitetu Parka je rijetkost. Iz tog razlog su lokve napravljene u svrhu poljoprivrede i stočarstva važni predstavnici vlažnog staništa te flore i faune koja se veže za takvo

stanište. Slično travnjačkim staništima, lokve su također izložene procesu sukcesije te isušivanja čime je opstanak zajednica znatno kompromitiran. [3]

## **Flora**

Prema dostupnoj literaturi flora PP Telašćica pripada mediteranskom tipu s najvećim udjelom terofita koji tijekom neprikladnih mjeseci opstaju u embrionalnom stadiju (u obliku sjemenki). Prevladavaju zimzelene šume alepskog bora (*Pinus halepensis*) i hrasta crnike (*Quercus ilex*). Međutim, antropogenim utjecajem (sustavno krčenje, paljenje, ispaša, ogrjev) šume crnike pretvorile su se u makiju i garig.

Na jugu Dugog otoka i otočića koji pripadaju području Parka dominiraju kamenjarski pašnjaci kovilja i kadulje (*Stipo – salvietum officinalis brachypodietosum ramosi*). Na ogoljenim liticama rasprostranjena je endemska zajednica busine i dubrovačke zečine (*Phalango – centauretum ragusinae*). Na stijenama se može pronaći drvenasta mlječika (*Euphorbia dendroides*). U područjima gdje je utjecaj mora značajniji brojne su zajednice mrižice (*Plantagini – staliceum cancellatae*).

Među endemskim vrstama flore kojima je Park bogat, naglašava se spominjana podvrsta dubrovačke zečine – dugootočka zečina koja uspijeva samo na Dugom otoku i Kornatima. Budući da raste na teško prohodnim liticama, smatra se da je sigurna od potencijalno negativnog antropološkog utjecaja. Osim nje, rastu i endemična srednjodalmatinska vrsta staliova lazarkinja (*Asperula staliana*), bijela šupaljka (*Corydalis acaulis*), dalmatinska djetelina (*Trifolium dalmaticum*) te u ljetnim mjesecima endem pustenasto devesilje (*Seseli tomentosum*). Treba naglasiti i značaj 10 vrsta orhideja koje su strogo zaštićene Zakonom o zaštiti prirode. U novije doba uočene su i invazivne, alohtone, vrste te je na prostoru PP Telašćica čak 7 vrsta označeno kao invazivne. [3]

## **Fauna**

Specifičan krški teren onemogućava razvitak bogate faune na kopnenom dijelu Parka, pa se tu može pronaći oko 490 životinjskih svojti. Velik dio njih, kao i kod flore kopnenog dijela, zaštićene su Zakonom o zaštiti prirode.

Dominantna skupina su beskralješnjaci, među kojima su najbrojniji člankonošci. Endemske vrste među navedenima dolaze iz reda kornjaša ili tvrdokrilaca (*Coleoptera*), porodica trčaka (*Carabidae*); dalmatinska veronija (*Molops dalmatinus*) i ljubičasti pilonog (*Laemostenus dalmatinus*).

Zaštićene vrste danjih leptira koje se mogu pronaći unutar granica Parka su veliki kozlinčev plavac (*Glaucopsyche alexis*), Rottemburgov debeloglavac (*Thymelicus acteon*), lastin rep (*Papilio machaon*) i kupusov bijelac (*Pieris brassicae*).

Među populacijom kopnenih puževa ističe se stenoendemična dugootočka zaklopnica (*Delima edmibrani*).

Prisustvo vodozemaca direktno je povezano s postojanjem vodenih površina, kojih je unutar Parka malo. Ipak, mogu se pronaći dvije vrste koje egzistiraju u takvim suhim uvjetima: zelena krastača (*Bufo viridis*) i gatalinka (*Hyla arborea*). S obzirom na njihovo prisustvo, potrebno je posvetiti dodatnu pozornost očuvanju lokvi i preostalih vodenih površina Parka. Gmazova je u Parku ipak nešto više te se može pronaći trinaest vrsta: šest vrsta zmija, četiri vrste guštera te tri vrste kornjača. Kao ugroženu vrstu treba istaknuti kornjaču glavatu želvu (*Caretta caretta*). Od navedenih šest vrsta zmija ni jedna nije zmija otrovnica te ne predstavljaju opasnost za čovjeka.

Među kopnenim kralježnjacima najbrojnija je zajednica ptica, koje se gnijezde unutar parka na raznim staništima. Ptica grabljivica na lokalitetu Telašćice registrirano je petnaest vrsta, od čega je 5 vrsta gnjezdarica. Ugrožene vrste koje se sve rjeđe susreću su sivi sokol (*Falco peregrinus*), gost stijena vanjske strane otoka i europska sova ušara (*Bubo bubo*).

Razred sisavaca najmanje je brojna skupina unutar Parka. Značajno je izdvojiti prirodne vrste kao što su kuna bjelica (*Mustela foina*) i poljska voluharica (*Microtus arvalis*). Evidentirana je i zajednica šišmiša među kojima se razlikuje 12 vrsta, od kojih su neke ugrožene. [3]

## 2.7. BIOLOŠKA RAZNOLIKOST MORA

Morska staništa unutar PP Telašćica razvrstavaju se na 14 različitih tipova, među kojima se mogu pronaći ugroženi i rijetki stanišni tipovi te prioritetni stanišni tipovi. [3]



## Flora

Morski biljni svijet sastoji se gotovo isključivo od morskih cvjetnica i algi. One predstavljaju ključ morskog ekosustava svojom proizvodnjom kisika. Također, nekim životinjama služe kao sklonište dok su drugima izvor hrane. Najznačajnija alga Parka jest vrlo rijetka vapnenačka crvena alga (*Goniolithon byssoides*), koja se može pronaći samo u istočnom Sredozemlju. Na prostoru Parka raste i endemska vrsta morskih cvjetnica *Posidonia oceanica*, kolokvijalno nazivana „morska trava“. Uz nju, strogo zaštićene vrste morskih cvjetnica koje se mogu pronaći su: morska svilina (*Zostera marina*), patuljasta svilina (*Zostera nolti*) i čvorasta morska resa (*Cymodocea nodosa*). Važno je istaknuti i pronalazak invazivne vrste alge – tropska crvena alga (*Womersleyella setacea*). Kumulativnim djelovanjem invazivne vrste, antropološkog utjecaja te promjena klime došlo je do zabrinjavajućeg stupnja ugroženosti morskih cvjetnica (*Posidonia oceanica*). [3]

## Fauna

U morskom ekosustavu Parka mogu se pronaći razne životinjske skupine, poput sljedećih:

- spužve (*Porifera*)
- žarnjaci (*Cnidaria*)
- zvjezdani (*Echiuroidea*)
- mnogočetinaši (*Polychaeta*)
- rakovi (*Crustacea*)
- glavonošci (*Cephalopoda*)
- mahovnjaci (*Bryozoa*)
- bodljikaši (*Echinodermata*)
- mnogoljušturaši (*Polyplacophora*)
- puževi (*Gastropoda*)
- školjkaši (*Bivalvia*)
- ribe koštunjače (*Osteichthyes*)
- plaštenjaci (*Tunicata*)

- hrskavičnjače (*Chondrichthyes*).

Predstavnik sisavaca Parka jest dobri dupin (*Tursiops truncatus*), jedina zabilježena vrsta morskih sisavaca. Kao što je već navedeno, unutar Parka obitava i zajednica ugrožene vrste kornjače pod imenom glavata želva, čineći jedinu vrstu kornjača u Parku.

Među rijetkim vrstama faune koju danas možemo pronaći u PP Telašćica je i zaštićeni crveni koralj (*Corallium rubrum*), ugrožen nekontroliranim ljudskim aktivnostima. Osim crvenog koralja, na ovom području raste i sredozemni endem busenasti koralj (*Cladocora caespitosa*) koji predstavlja jedinu vrstu koralja u Jadranskom moru koja tvori koraljne grebene. Zakonom o zaštiti prirode zaštićena vrsta koja se može pronaći unutar morskog dijela Parka je i morski konjić (*Hippocampus sp.*). Uz njega, mogu se pronaći još neke zaštićene vrste: puž bačvaš (*Tonna galea*), plemenita periska (*Pinna nobilisprstaca*) te prstac (*Lithophaga lithophaga*).

Svakako jednu od najinteresantnijih vrsta Parka predstavlja endemična dubokomorska mesojedna spužva (*Asbestopluma hypogea*). Zabilježena je na dubini od dvadeset četiri metra, u špilji na otoku Garmenjaku Veli. Uz nju, u Parku se mogu pronaći i druge strogo zaštićene vrste spužvi, poput morske naranče (*Tethya aurantium*) i mekane rognjače (*Axinella cannabina*). [3]

### 3. ONEČIŠĆENJE ZRAKA

Zagađenim zrakom smatra se onaj zrak čija je kvaliteta ugrožena prisustvom jednog ili više zagađivala, u dovoljnoj koncentraciji i dovoljno dugo vremena, te u okolnostima koje omogućuju štetno ili opasno djelovanje za čovjeka i/ili štetu za okoliš. Zagađivalom zraka smatra se onečišćujuća tvar, a to može biti bilo koja tvar nastala antropogenim utjecajem ili prirodno nastalim procesima koja ima negativan učinak na zdravlje, okoliš, materijalnu i kulturnu baštinu, smanjuje preglednost te djeluje na globalnoj razini. [6,7]

U literaturi napisanoj o onečišćenju zraka uobičajeno se koriste izrazi poput emisija i izvor zagađenja. Emisija označava proces ispuštanja onečišćujućih tvari, mirisa, buke, topline ili zračenja u okolni prostor. Izvor onečišćenja odnosi se na lokaciju ispuštanja onečišćivala u plinovitom ili krutom stanju u atmosferu. [7]

#### **Izvori onečišćenja zraka**

Izvori onečišćenja zraka mogu se klasificirati u dvije kategorije: prirodni izvori i antropogeni izvori. U prirodne izvore pripadaju erupcije vulkana, geotermalne i seizmičke aktivnosti, požari te jaki vjetrovi. Antropogeni izvori su oni koji su nastali ljudskim djelovanjem. Razlikujemo pokretne i nepokretne antropogene izvore onečišćenja. U pokretne pripadaju prijevozna sredstva poput motornih vozila, strojeva, lokomotiva, plovnih objekata te zrakoplova. [6]

Nepokretni izvori dijele se na sljedeće kategorije:

- površinski izvori – odnose se na izvore koji ispuštaju manje doze onečišćenja
- difuzni izvori – zagađivala se ispuštaju u okoliš bez određenog ispusta; čine ih uređaji, površina ili pojedine djelatnosti
- točkasti izvori – onečišćujuće tvari se unose u okoliš kroz oblikovane ispuste namijenjene toj funkciji; čine ih industrijska i energetska postrojenja. [6]

U literaturi je prisutna i podjela vezana uz način nastajanja zagađenja, koja se odnosi na nastanak putem izgaranja te putem procesa koji nisu vezani uz izgaranje. [7]

## **Razine onečišćenja**

Prema Zakonu o zaštiti zraka (NN 127/19) koji je na snagu nastupio u siječnju 2020. godine utvrđene su dvije kategorije kvalitete zraka. Parametri koji određuju u koju kategoriju određeno područje pripada su: propisane granične vrijednosti (GV), ciljne vrijednosti i ciljne vrijednosti za prizemni ozon. Iz navedenog slijedi:

- prva kategorija kvalitete zraka – čist ili neznatno onečišćen zrak: nisu prekoračene granične vrijednosti, ciljne vrijednosti i ciljne vrijednosti za prizemni ozon
- druga kategorija kvalitete zraka – onečišćen zrak: prekoračene su granične vrijednosti, ciljne vrijednosti i ciljne vrijednosti za prizemni ozon.

Opisane kategorije određuju se za svaku onečišćujuću tvar posebno i odnose se na očuvanje zdravlja ljudi, kvalitetu života, zaštitu okoliša, te se utvrđuju jednom godišnje za proteklu kalendarsku godinu.

Pojam granična vrijednost (GV) označava graničnu razinu onečišćenja ispod koje ne dolazi do negativnih utjecaja na zdravlje i/ili prirodu, ili je rizik za štetne učinke vrlo mali. Kada je granična vrijednost dosegnuta, ne smije se prekoračiti. Ciljna vrijednost je nivo onečišćenja utvrđen u svrhu sprječavanja ili smanjivanja negativnog djelovanja na ljudski organizam i/ili okoliš. [8]

## **Podjela onečišćujućih tvari prema agregatnom stanju**

Onečišćujuće tvari prema agregatnom stanju mogu se klasificirati u dvije temeljne kategorije:

- I. suspendirane čvrste čestice ili aerosoli u koje pripadaju lebdeće čestice, dimovi i suspendirane čestice u tekućinama (sprejevi i maglice)
- II. plinovi (organski i anorganski) i pare.

Pojam aerosol primjenjuje se kada se govori o sustavu s dvije faze, glavna faza je u plinovitom stanju a u njoj je raspršena tekuća ili kruta faza.

Izraz lebdeće čestice odnosi se na čvrste tvari određene veličine, koje imaju premalu brzinu taloženja te se u struji plinova mogu održati duže vrijeme.

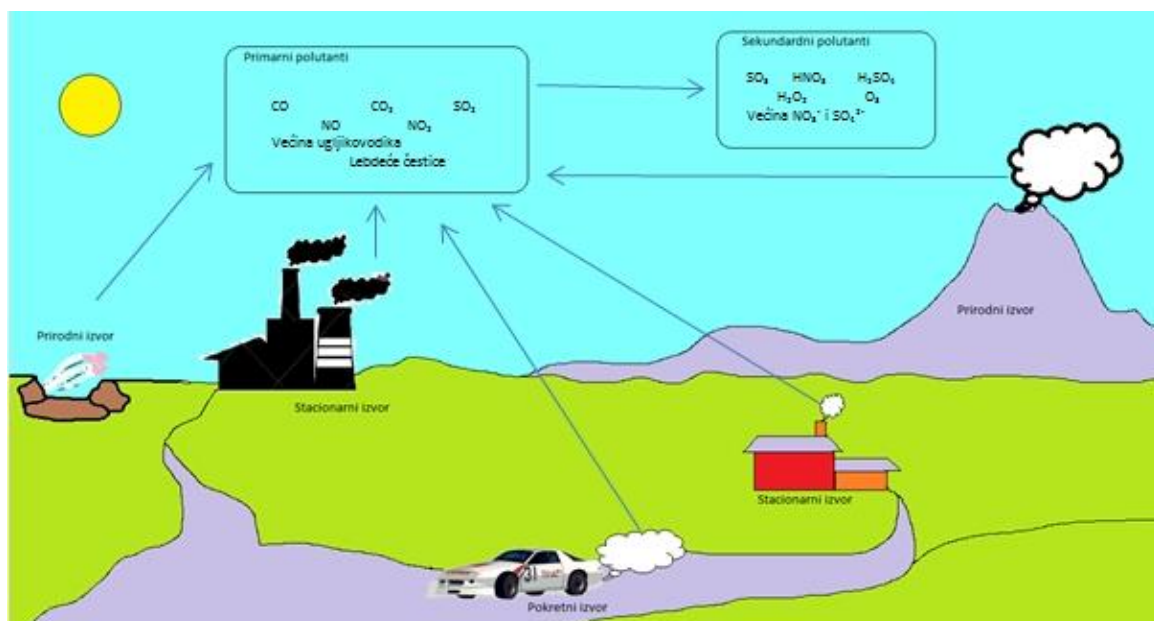
Krute čestice mogu se pronaći u obliku prašine, dima, pepela, smoga te u drugim oblicima.

Pojam para odnosi se na plinovitu fazu čestica koja ima sposobnost istodobno biti u plinovitoj i tekućoj fazi. Za razliku od plinova, koncentrirane pare prezentiraju značajno odudaranje od idealnog ponašanja te se prilično jednostavno ukapljuju. U kontekstu zraka, kisik, dušik, dušikov dioksid i argon pripadaju u plinove, a sadržaj vode prikazuje se kao vodena para. Onečišćujuće tvari poput dušikovog oksida, dušikovog dioksida, sumporovog dioksida te ugljičnog monoksida ubrajaju se u plinove, dok hlapljivi organski spojevi pripadaju parama. [7]

### Primarne i sekundarne onečišćujuće tvari

Pod primarnim zagađivalima podrazumijevaju se one onečišćujuće tvari koje se emitiraju direktno iz izvora u zrak. Uključuju lebdeće čestice raznih veličina te spojeve poput spojeva sumpora, dušikove okside i ostale dušične spojeve, ugljikove spojeve, hlapljive organske spojeve te čestice metala. Lebdeće čestice koje u atmosferu dospiju u istom obliku u kojem su i ispuštene kategoriziraju se u primarne čestice, dok sekundarne lebdeće čestice nastaju iz prekursora kemijskim reakcijama u zraku. Uobičajeni prekursori sekundarnih čestica su sumporni dioksid, dušikovi oksidi te amonijak.

U kategoriju sekundarnih zagađivala pripadaju ozon, peroksiacil nitrat te drugi spojevi nastali u donjim slojevima atmosfere djelovanjem primarnih onečišćujućih tvari pod utjecajem Sunčevog zračenja. [7]

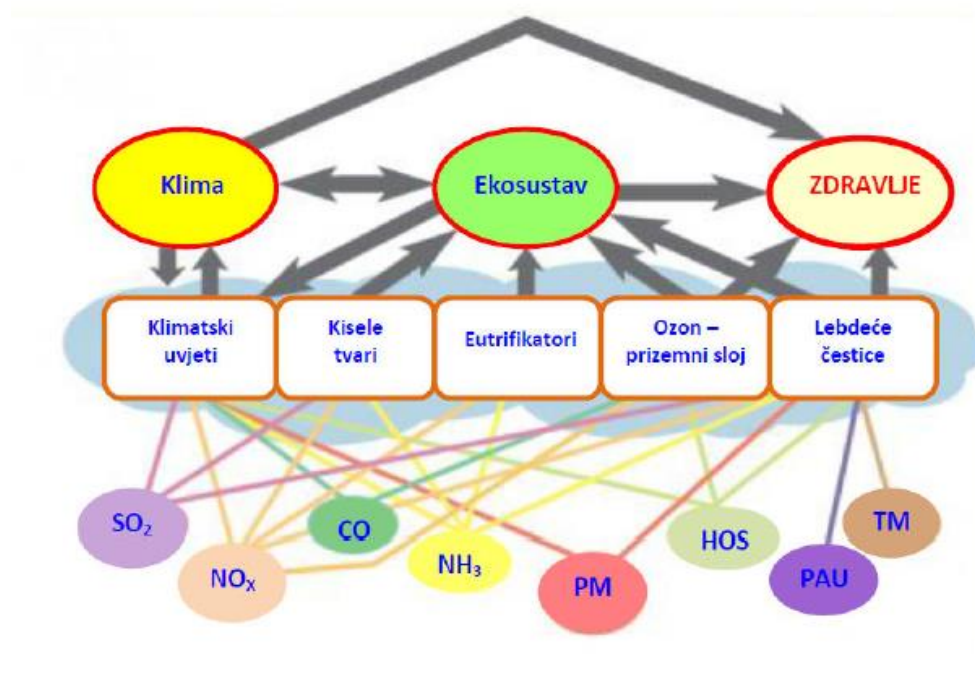


Slika 3. Primarne i sekundarne onečišćujuće tvari, izvor: <https://zrak.imi.hr/Kvaliteta>

## Posljedice zagađenja zraka

Različita zagađivala u zraku imaju različito djelovanje na aspekte unutar ekosustava. Mogu se podijeliti na onečišćujuće tvari koje znatno utječu na klimu te one koje ugrožavaju ljudsko zdravlje. [6]

Promjene do kojih dolazi uslijed onečišćenja zraka mogu se razmatrati na lokalnom, regionalnom i globalnom nivou. Problemi do kojih dolazi na lokalnoj razini vezani su uz štetnost po ljudsko zdravlje te vegetaciju, kao i uz materijalnu i kulturnu baštinu. Problemi regionalnog tipa manifestiraju se kao fotokemijski smog, kisele kiše te eutrofikacija. Pojam eutrofikacije podrazumijeva proces onečišćenja prilikom kojeg određeni vodeni ekosustav postane prebogat biljnim hranjivim tvarima što dovodi do bujanja algi i ostalog bilja. Među globalne probleme pripadaju troposferski ozon, razgradnja ozonskog sloja, učinak staklenika, podizanje razine mora, erozija tla te izumiranje vrsta. [7]



Slika 4. Utjecaj zagađivala zraka, izvor: T. Sofilić, Zdravlje i okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak.

#### 4. LEBDEĆE ČESTICE

Aerosoli čine sastavni dio klimatskog sustava te uzajamno djeluju s atmosferom, kriosferom, biosferom, oceanima kao i s ciklusom kruženja vode te brojnim biogeokemijskim ciklusima. [9] Iz tog razloga su smatrani ključnim uzrokom mnogih ekoloških problema današnjice, počevši od globalnog zatopljenja, fotokemijskog smoga, gubitka stratosferskog ozona do općenito loše kvalitete zraka. [10]

Aerosoli se definiraju kao suspenzija sitnih krutih ili tekućih čestica u plinu, međutim uobičajeno se pod navođenjem pojma aerosol odnosi na samo čestični dio, ne uključujući medij u kojem su disperzirane. [11] U atmosferi su prisutni uvijek, međutim njihova se koncentracija znatno razlikuje. Razlog tome je činjenica da je većina lebdećih čestica nastala putem različitog izvora, kao i činjenica da se u atmosferi zadržavaju poprilično kratko, u rasponu od nekoliko sati do nekoliko tjedana. Čestice se uklanjaju iz atmosfere na dva načina, poznata pod pojmovima suho odnosno gravitacijsko taloženje te mokro taloženje. Suho taloženje odnosi se na taloženje lebdećih čestica na Zemljinoj površini dok se mokro odnosi na pripajanje kapljicama oblaka prilikom stvaranja oborina. [9]

Čestice u atmosferi kategoriziraju se po nastanku na one nastale emisijom iz prirodnih izvora te na posljedice antropogenih aktivnosti. Čestice nastale prirodnim izvorima prevladavaju te čine 90 % ukupnih lebdećih čestica. Prirodni izvori odnose se na prašinu prenošenu vjetrom, dijelove bilja, kristale morske soli, vulkane, požare... Kao posljedica antropogenih izvora lebdeće čestice mogu nastati izgaranjem fosilnih goriva (ugljena i nafte), biogoriva (biljne biomase koja uključuje drvo, biljno ulje, životinjski otpad) te požarima uzrokovanim čovjekovim aktivnostima u svrhu raskrčivanja određenog prostora. Prijevoz, industrijski procesi, grijanje pa čak i određene aktivnosti unutar domaćinstva mogu pridonijeti nastanku lebdećih čestica. [9,11,12]

##### **Primarne i sekundarne lebdeće čestice**

Lebdeće čestice razvrstavaju se na primarne i sekundarne čestice. Primarne lebdeće čestice nastaju mehaničkim silama te se ispuštaju u okoliš u obliku samostalnih čestica. Takve čestice nastaju trenjem vjetra o morsku ili kopnenu površinu, ili nošenjem čestica vjetrom primjerice iz kamenoloma. Sekundarne čestice u odnosu na primarne nisu emitirane u čestičnom obliku već nastaju kemijskim

reakcijama iz plinovitih polutanata. Dakle, kemijskim reakcijama iz plinovitih polutanata najprije nastaje kapljica a zatim isparavanjem vode čvrsta čestica. Jedna tvar se ponaša kao nukleus na koji se kondenziraju druge tvari iz atmosfere, stvarajući nove spojeve.

Plinoviti polutanti iz kojih se kemijskim reakcijama formiraju sekundarne čestice nazivaju se prekursori aerosola. Najznačajniji su SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> i hlapljivi organski spojevi. Iz navedenih polutanata nastaju spojevi poput nitrata, fosfata i amonijevih soli. Sekundarne čestice su anorganski ili organski aerosoli koji mogu postojati u kapljičnom ili čvrstom obliku. [6]

Stratosferski aerosol sastoji se od 60 – 80 % vodene otopine sumporne kiseline pri temperaturama od - 80 do - 45°C. Nastaje oksidacijom karbonil sulfida. Djelovanjem ultraljubičastog zračenja iz karbonil sulfida nastaje sumporna kiselina, dominantna supstanca stratosferskog aerosola. Troposferski aerosol većinom je antropološkog porijekla te se sastoji od sulfata, amonija, nitrata, klorida, elementarnog i organskog ugljika, tragova metala, elemenata Zemljine kore te vode. Emisije uzrokovane antropološkim djelovanjem koje su dovele do stvaranja atmosferskog aerosola znatno su narasle tijekom dvadesetog stoljeća, posljedično djelujući negativno na ljudsko zdravlje kao i smanjenje vidljivosti u urbanom i ruralnom području.[11] Lebdeće čestice uzrokuju raspršenje svjetlosti čime se smanjuje razlika intenziteta svjetlosti između objekta koji je udaljen i njegove pozadine, odnosno neba. Na ovaj način postotak smanjenja vidljivosti može biti poprilično visok; predmet vidljiv na odaljenosti od 200 km pri uvjetima čistog zraka u uvjetima zagađenog zraka može biti vidljiv tek na udaljenosti do 1 km. Smanjena vidljivost utječe i na mentalno zdravlje, stvarajući osjećaje nelagode i stresa ograničavanjem aktivnosti na otvorenom. [13]

U lebdeće čestice pripadaju sve onečišćujuće tvari koje se nalaze u atmosferi (osim vode), bile one u kapljevitom ili u krutom stanju, a tvore prašinu ili dim. [6] To su:

- I. Prašina - krute čestice veće od 1 µm, podložne sedimentaciji.
- II. Crni dim - čestice nastale nepotpunim izgaranjem, u čvrstom i/ili tekućem stanju.
- III. Dimovi - čestice sačinjene od metalnih oksida s negativnim djelovanjem po ljudsko zdravlje. Najčešće su veličine od 1 µm do 2 µm, no mogu biti i manje.



- IV. Vodena prašina i magla - čestice u tekućem stanju stvorene kondenzacijom vodene pare na jezgrama, veličine oko 20  $\mu\text{m}$ .
  - V. Smog - kombinacija dima i magle. Nastaje u urbanim središtima s iznimno lošom kvalitetom zraka, posljedicom prometa, sagorijevanja goriva i industrije pod djelovanjem UV svjetlosti.
- [14]

#### Kristali morske soli

Lebdeće čestice koje se sastoje od kristala morske soli nastaju djelovanjem vjetra o morsku površinu. Iz tog razloga njihova koncentracija u određenom razdoblju je izravno povezana s brzinom vjetra. Princip nastanka je isparavanje određenog dijela vode u kojoj je čestica soli bila dispergirana, čime u zraku ostaju više ili manje hidratizirane čestice morske soli. Iako se u literaturi ova vrsta lebdećih čestica uobičajeno naziva česticama morske soli, sastav istih nije homogen te se često mogu pronaći i čestice koje sadrže i biološki materijal i/ili druge nečistoće. Promjer ovih čestica najčešće je u rasponu od 100 nm do nekoliko desetaka  $\mu\text{m}$ . Čestice od nekoliko desetaka  $\mu\text{m}$  zbog svoje veličine relativno brzo padaju nazad na morsku površinu te iz tog razloga ne utječu značajno na klimu ekosustava. [9,12]

#### Mineralna prašina

Lebdeće čestice mineralne prašine čine jednu od najbrojnijih skupina među ukupnim aerosolima. Mineralna prašina stvara se većinom u pustinjama, suhim koritima jezera te u područjima suhe ili polusuhe klime, koja pokrivaju oko jedne trećine globalnog kopnenog područja. Također, može se stvarati i na tlu koje je oštećeno ljudskim djelovanjem, uglavnom poljoprivrednim aktivnostima te prijevozom. Lebdeće čestice mineralne prašine nastaju djelovanjem vjetra o čestice tla. Raznošenje čestica vjetrom ovisi o brzini vjetra kao i veličini čestica te karakteristikama tla. Čestice koje su veće uglavnom su raznošene po terenu odakle su i uzdignute, dok se one raznošene do sekundarnih lokacija nastave usitnjavati utjecajem vjetra i okolišnih uvjeta. [11,12]

Klasificiraju se po veličini u četiri kategorije:

- I. šljunak – čestice promjera većeg od 2000  $\mu\text{m}$
- II. grubi pijesak – čestice promjera između 200  $\mu\text{m}$  i 2000  $\mu\text{m}$

- III. fini pijesak – čestice promjera između 20  $\mu\text{m}$  i 200  $\mu\text{m}$
- IV. glina – čestice promjera do 2  $\mu\text{m}$ .

### Biogeni aerosoli

Zemljina biosfera izvor je primarnih čestica biogenih aerosola. Primarni biogeni aerosoli sastoje se od ostataka biljaka i insekata, peludi, spora, bakterija i virusa koje zatim raznosi vjetar. Udaljenost raznošenja ovisi uglavnom o veličini čestica, ali i brzini vjetra. Ostaci biljaka i insekata uglavnom su veličine iznad 100  $\mu\text{m}$ , pelud, velike bakterije i spore veličine su između 1 i 100  $\mu\text{m}$ , a manje bakterije i virusi su obično veličine do 1  $\mu\text{m}$ . [9]

### Čestice koje oblikuju oblake

Lebdeće čestice ključne su za održavanje procesa unutar atmosfere, jer se bez njih oblaci ne bi mogli formirati. Čestice se aktiviraju u uvjetima prezasićenosti vodenom parom te se sakupljaju oblikujući maglu ili oblake. Masa topivog dijela čestice ključna je za aktivaciju čestica, ako je masa niža od potrebne magla ili oblaci neće se moći formirati. Međutim, ukoliko je masa viša od potrebne nastat će kapljice oblaka promjera većeg od 10  $\mu\text{m}$ . Lebdeća čestica u oblaku se zadržava par sati te se zatim u zraku oko oblaka zadržava nekoliko dana. Budući da je prosjek zadržavanja čestice u zraku oko tjedan dana, ista čestica može sudjelovati u formiranju pet do deset različitih oblaka, prije no što je uklonjena putem oborina. [11]

### **Velčina lebdećih čestica**

Lebdeće čestice variraju u veličini od 0.001  $\mu\text{m}$  do 100  $\mu\text{m}$ , raspona od makroskopske do molekularne veličine. [10] Za usporedbu, molekule plina dimenzije su reda veličine od 0,0001 do 0,001  $\mu\text{m}$ . [7] Većina lebdećih čestica nije vidljiva golim okom, međutim nakupina istih prilikom visokih koncentracija često ih čini vidljivima. [9] Čestice mogu mijenjati svoju veličinu i sastav reakcijama kondenzacije, isparavanja, koagulacije s drugim česticama ili aktivacijom prilikom prezasićenosti vodom što dovodi do nastanka magle i kapljica. [12]

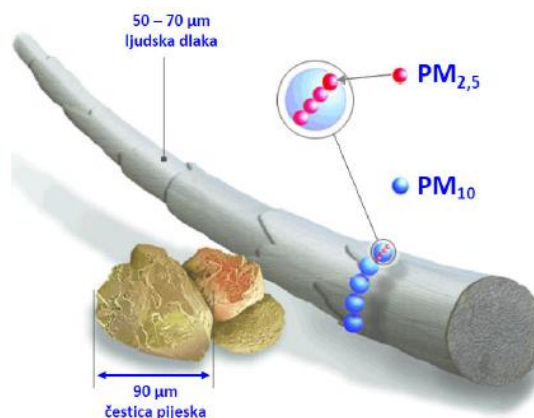
Raspon veličine lebdećih čestica započinje pri samo nekoliko nm za čestice proizvedene nukleacijom, za koje se smatra da su nove čestice, do desetina te čak stotina  $\mu\text{m}$  za čestice proizvedene djelovanjem vjetra o kopno te površinu mora. Od najmanjih prema najvećim česticama dijele se u sljedeće kategorije:

- nukleidni mod – stvara ultra fine čestice
- Aitken mod (nazvan prema škotskom meteorologu i fizičaru Johnu Aitkenu)
- akumulacijski mod - akumulacija procesima koagulacije i kondenzacije
- grubi mod
- jako grubi mod.

Čestice nukleacijskog i Aitken moda imaju radijus u rasponu od nekoliko nanometara do  $0,05 \mu\text{m}$ . Čestice akumulacijskog moda imaju polumjer od  $0,05$  do  $0,5 \mu\text{m}$ , dok čestice grubog moda imaju polumjer veći od  $0,5 \mu\text{m}$ , odnosno promjer veći od jednog  $\mu\text{m}$ . [9]

Općenitije, lebdeće čestice po veličini se mogu kategorizirati u tri skupine:

- I. ultra fine čestice veličine do  $0,1 \mu\text{m}$  (oznaka  $\text{PM}_{0,1}$ )
- II. fine čestice veličine do  $2,5 \mu\text{m}$  (oznaka  $\text{PM}_{2,5}$ )
- III. grube čestice veličine između  $2,5 \mu\text{m}$  i  $10 \mu\text{m}$  (oznaka  $\text{PM}_{10}$ ). [7]



Slika 5. Usporedba čestica veličine  $\text{PM}_{2,5}$  i  $\text{PM}_{10}$  s česticom pijeska i ljudskom dlakom, izvor: T.

Sofilić, Zdravlje i okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak.

U stručnoj literaturi se prema veličini čestice označavaju engleskim izrazom Particulate Matter, odnosno PM.

Prema Zakonu o zaštiti zraka oznaka  $PM_{2,5}$  odnosi se na frakciju lebdećih čestica koja prolazi kroz ulaz sakupljača propisanog normom EN 14907 s 50 % učinkovitošću odstranjivanja čestica aerodinamičkog promjera 2,5  $\mu m$ , dok se oznaka  $PM_{10}$  odnosi na frakciju lebdećih čestica koja prolazi kroz ulaz sakupljača propisanog normom HRN EN 12341 s 50 % učinkovitošću odstranjivanja čestica aerodinamičkog promjera 10  $\mu m$ . [8]

Granične vrijednosti koncentracija  $PM_{10}$  i  $PM_{2,5}$ , kao i vrijeme usrednjavanja te učestalost dozvoljenih prekoračenja određene su Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12, 84/17) te navedene u tablici 3. [15]

Tablica 3. Granične vrijednosti koncentracija  $PM_{10}$  i  $PM_{2,5}$  u zraku obzirom na zaštitu zdravlja ljudi, izvor: Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12, 84/17)

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Granična vrijednost (GV)	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
$PM_{10}$	24 sata	50 $\mu g/m^3$	GV ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom kalendarske godine
	kalendarska godina	40 $\mu g/m^3$	-
$PM_{2,5}$	kalendarska godina	25 $\mu g/m^3$	-

Pragovi procjene za  $PM_{10}$  s obzirom na zdravlje ljudi definirani su Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku, Prilogom 2. (Donji i gornji pragovi procjene – određivanje uvjeta za procjenu koncentracija onečišćujućih tvari u zraku unutar zone ili aglomeracije s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi, vegetacije i ekosustava). Prema spomenutom Prilogu pragovi procjene navedeni su u tablici 4.

Tablica 4. Pragovi procjene za PM<sub>10</sub> s obzirom na zdravlje ljudi.

Prag procjene	Razdoblje praćenja	Vrijeme usrednjavanja	Iznos praga procjene	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
gornji	kalendarska godina	24 sata	35 µg/m <sup>3</sup> (70 % GV)	prag procjene ne smije biti prekoračen više od 35 puta u bilo kojoj kalendarskoj godini
		1 godina	28 µg/m <sup>3</sup> (70 % GV)	
donji	kalendarska godina	24 sata	25 µg/m <sup>3</sup> (50 % GV)	prag procjene ne smije biti prekoračen više od 35 puta u bilo kojoj kalendarskoj godini
		1 godina	20 µg/m <sup>3</sup> (50 % GV)	

Pragovi procjene za PM<sub>2.5</sub> s obzirom na zdravlje ljudi definirani su Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku, Prilogom 2. Prema spomenutom Prilogu pragovi procjene navedeni su u tablici 5.

Tablica 5. Pragovi procjene za PM<sub>2.5</sub> s obzirom na zdravlje ljudi.

Prag procjene	Razdoblje praćenja	Vrijeme usrednjavanja	Iznos praga procjene	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
gornji	kalendarska godina	1 godina	17 µg/m <sup>3</sup> (70 % GV)	-
donji	kalendarska godina	1 godina	12 µg/m <sup>3</sup> (50 % GV)	-

Djelovanjem vjetra o Zemljinu površinu dolazi do podizanja prašine, dijelova vegetacije te kristala morske soli. Navedene lebdeće čestice većinom pripadaju u kategoriju grubih čestica. Čestice koje su

veće od onih koje pripadaju u grube, dakle čestice veličine iznad 10 µm vrlo je teško podići. Brzina sedimentacije kod takvih čestica iznimno je brza što dovodi do kratkog zadržavanja u atmosferi. [16]

#### 4.1. UTJECAJ LEBDEĆIH ČESTICA NA OKOLIŠ

##### **Prijenos zagađivala u okolišu**

Prilikom onečišćenja zraka, određeno zagađivalo može se kroz okoliš širiti putem zraka, tla, vode, biljaka i životinja te putem hrane. Princip širenja ovisi o izvoru emisije te karakteristikama onečišćujućih tvari. Nadalje, brzina i mehanizam disperzije značajno ovise o uvjetima okoliša. Na širenje najviše utječu sljedeći faktori:

- meteorološki uvjeti – brzina i smjer vjetra, relativna vlažnost zraka, temperatura, globalno Sunčevo zračenje, stabilnost atmosfere
- vrsta izvora – točkasti ili difuzni izvor
- razina na kojoj je emisija – prizemna razina ili na visini
- lokalne i regionalne geografske karakteristike.

Tijekom širenja onečišćujućih tvari dolazi do raznih promjena, poput razrjeđenja, separacije ili akumulacije čestica te stvaranja novih kemijskih procesa. Usto, određena zagađivala se mogu taloženjem ukloniti, isprati kišom ili djelovanjem biljaka.

Godišnje promjene u razini onečišćenja uzrokovane su klimatskim razlikama u pojedinim godišnjim razdobljima, kao i različitim intenzitetima emisija. Brojna zagađivala su sezonskog karaktera zbog promjena aktivnosti te klimatskih i drugih čimbenika. Također, česte su i promjene unutar jednog tjedna te čak dnevne promjene uzrokovane istim čimbenicima. Kratkotrajne i nagle pojave više razine onečišćenja posljedica su neočekivanih aktivnosti. Prema navedenim informacijama, procjena širenja onečišćenja zraka kroz razne aspekte okoliša, a pritom i procjena negativnog djelovanja na ljudski organizam vrlo je kompliciran proces, koji ovisi i o kontinuiranosti mjerenja emisija u atmosferu. [7]

Lebdeće čestice utječu na okoliš na razne načine. One raspršuju i apsorbiraju Sunčevo zračenje što dovodi do hlađenja Zemljine površine, ali i zagrijavanja sloja atmosfere u kojem se čestice nalaze. Do

navedene pojave dolazi većinom prilikom vedrog vremena, a ona dovodi do promjena u iznosu relativne vlažnosti zraka, atmosferske stabilnosti te do formiranja oblaka. [9]

### **Meteorološki utjecaji**

Meteorologija se definira kao znanost koja promatra sastav i strukturu atmosfere, njeno trenutačno stanje te promjene koje se događaju u njoj kao i na površini Zemlje. Kakvoća zraka uvelike ovisi o faktorima poput emisije primarnih zagađivala, formiranja sekundarnih zagađivala, prijenosa istih te o njihovom odstranjivanju iz atmosfere. [14]

Meteorološki parametri koji najviše utječu na promjenu koncentracije onečišćujućih tvari u atmosferi su brzina i smjer vjetra te stabilnost atmosfere. [7] Lebdeće čestice djelovanjem vjetra lebde određeno, dulje ili kraće, vrijeme po zraku. Pri taloženju na površinu njihova se temperatura povećava dok volumen opada, te se tada govori o suhom odnosno gravitacijskom taloženju. Mokro taloženje događa se kada se kapljice iz oblaka spoje s krutom česticom. Procesi taloženja ovise o karakteristikama područja, atmosferskim prilikama i meteorološkim uvjetima, vrsti onečišćenja te veličini emisija. U uvjetima velike relativne vlažnosti zraka, čestice apsorbiraju vodu, ekspandiraju se u volumenu te dolazi do zamagljenosti zraka. [14]

Na stupanj zagađenosti zraka utječe i udaljenost industrijskih pogona, blizina planina i rijeka, preferirani smjer vjetra te količina padalina. Analiziranje meteoroloških uvjeta pomaže u predviđanja zagađenja, omogućavajući pravovremenu zaštitu najugroženijih skupina. [14]

### **Utjecaj lebdećih čestica na kopnene ekosustave**

Lebdeće čestice mogu djelovati na razne sastavnice klimatskog sustava; na kriosferu, morske i kopnene ekosustave te mogu uzajamno djelovati s mnoštvom biogeokemijskih procesa.

Lebdeće čestice nastale putem prirodnih i putem antropogenih izvora zajedno utječu na djelovanje Sunčevog zračenja, čime dolazi do promjena u količini dolaznog zračenja na Zemljinu površinu. Kada su u pitanju kopneni ekosustavi posebno je važno zračenje spektra valnih duljina od 0,45 do 0,75  $\mu\text{m}$  koje vegetacija koristi za proces fotosinteze. Tako aerosoli direktno utječu na produktivnost ekosustava, kao i na ciklus ugljika. [9]

Kao što je navedeno, lebdeće čestice mogu smanjiti količinu dolaznog Sunčevog zračenja na Zemljinu površinu, međutim mogu i pridonijeti povećanju količine difuznog zračenja. Difuzno zračenje može uvećati primarnu proizvodnju kopnenih ekosustava jer biljke to zračenje lakše iskorištavaju u svojim procesima. Razlog tome je što difuzno zračenje može prodrijeti dublje i ravnomjernije od izravnog, te osvjetljava veću površinu lista. [9] Lebdeće čestice u obliku prašine nataložene na površinu lista mijenjaju svoja optička svojstva, osobito površinu refleksije u vidljivom i infracrvenom području zračenja te tako utječu na količinu svjetlosti dostupne za fotosintezu. [17]

Brzina kojom se lebdeće čestice iz zraka talože na površinu, a time i vegetaciju, ovisi o karakteristikama čestica kao i okolišu koji je recipijent. Ta brzina utječe i na krajnje djelovanje čestica na ekosustav. Kao što je ranije navedeno, taloženje na vegetaciju kategorizira se kao suho te mokro taloženje. Oborine direktno utječu na opseg mokrog taloženja te tako čiste zrak od onečišćenja lebdećim česticama. Svojstva površine lista, poput hrapavosti i vlažnosti, direktno utječu na zadržavanje oborina. Također, debelo i visoko raslinje šumovitih brežuljaka ima 4 do 6 puta veći unos vlažnog taloga, u odnosu na kratko raslinje u dolinama. [9]

Suho taloženje dovodi do promjena u izmjeni plinova između lista i zraka, kao i do umanjene otpornosti biljke na patogene mikroorganizme iz okoliša. Sedimentacija grubih čestica značajnije djeluje na gornje slojeve listova, dok finije čestice djeluju na donje slojeve. Mineralna prašina je u principu slabije topljiva i manje reaktivna od lebdećih čestica nastalih antropogenim aktivnostima. Čestice s pH vrijednošću do 9 mogu dovesti do oštećenog tkiva lista direktno putem taloženja, ili indirektno putem promjene pH tla. Također je važno napomenuti da određene lebdeće čestice sadrže toksične topive soli koje djeluju negativno na biljke. [17]

Međutim, suho i mokro taloženje lebdećih čestica na Zemljinoj površini izvor su nutrijenata neophodnih za rast mnogih biljaka. Najznačajniji makronutrijenti za kopnene i morske ekosustave su dušik i fosfor. Iz navedenog je vidljivo da su utjecaji na bilje višestruki. [9]

### **Utjecaj vegetacije na kvalitetu zraka**

Vegetacija čisti zrak od lebdećih čestica izdvajanjem putem procesa apsorpcije. Karakteristike čestica i vegetacije važne su za održavanje tog procesa, kao i za njegovu učinkovitost. Listovi čine najizloženiji



te najosjetljiviji dio biljke te djeluju kao stalni apsorberi onečišćujućih tvari. Biljke nižeg rasta i manje veličine djelotvornije su za uklanjanje finijih čestica iz zraka od većeg bilja, čime se smanjuje koncentracija lebdećih čestica u okolišu. Sposobnost uklanjanja ovisi o geometriji površine lista, filotaksiji, karakteristikama epidermisa i kutikule, izdancima, visini drveća te o svojstvima krošnje. Provedena istraživanja upućuju na to da se stabla otporna na zagađivala u zraku mogu koristiti prilikom planiranja i gradnje zelenih pojaseva u gradovima, posebice kao barijera između stambenih naselja i velikih prometnica. [16] Razina kojom će vegetacija pozitivno djelovati na kvalitetu zraka ovisi o dizajnu zelenih pojaseva te početnom stupnju zagađenja zraka. Svakako, za optimalne rezultate potrebno je implementirati sljedeće stavke:

- vegetaciju treba činiti nisko raslinje blisko tlu
- lokacija pojasa treba biti što bliže izvoru ili izvorima emisije
- pojas treba biti dovoljno visok da zrak prolazi kroz njega, a ne iznad njega
- pojas treba biti dovoljno gust da omogući filtraciju, kao i dovoljno rijedak da omogući potreban protok zraka.

Taloženje grubih čestica učinkovitije je pri većim brzinama vjetra, dok je taloženje finih i ultra finih čestica uspješnije pri slabijem strujanju zraka. Taloženje je uspješnije kod vegetacije koja prirodno ima veliku površinu listova, kao i dlačice po površini. [18]

### **Utjecaj na morske ekosustave**

Lebdeće čestice utječu i na morske ekosustave. Glavni način na koji djeluju jest pružanje mikronutrijenata, najčešće željeza koji je ograničavajući čimbenik za fotosintezu fitoplanktona. Upravo mineralna prašina u svom sastavu sadrži određen udio željeza te je ključna za proces fotosinteze fitoplanktona, čak i u oceanskim predjelima koji su locirani daleko od pustinja, kao primarnog izvora mineralne prašine. Nadalje, fitoplanktoni za proces fotosinteze koriste i Sunčevo zračenje. Kao što je navedeno, lebdeće čestice utječu na količinu i kvalitetu Sunčevog zračenja koje prodire u morske dubine. U usporedbi s kopnenim ekosustavima, odnos izravnog i difuznog zračenja za morske ekosustave nije toliko značajan. Međutim, ukupna količina fotosintetski aktivnog zračenja i količina UV zračenja koja

doseže površinu od ključne je važnosti. UV zračenje može djelovati negativno na fitoplankton te dovesti do promjena vezanih uz specijaciju i otpuštanje plinova. [9]

#### 4.2. UTJECAJ LEBDEĆIH ČESTICA NA LJUDSKO ZDRAVLJE

Ljudi su izloženi lebdećim česticama neprestano: kod kuće, na poslu te tijekom slobodnih aktivnosti. Utjecaj lebdećih čestica na pojedinca ovisi o načinu provođenja svakodnevice; odnosu provedenog vremena u zatvorenom odnosno otvorenom prostoru, te izvorima emisija u blizini istih, vrsti stambenog objekta u kojem pojedinac živi, značajkama radnog mjesta, socioekonomskom statusu te topografiji i meteorologiji životnog prostora i radnog mjesta.

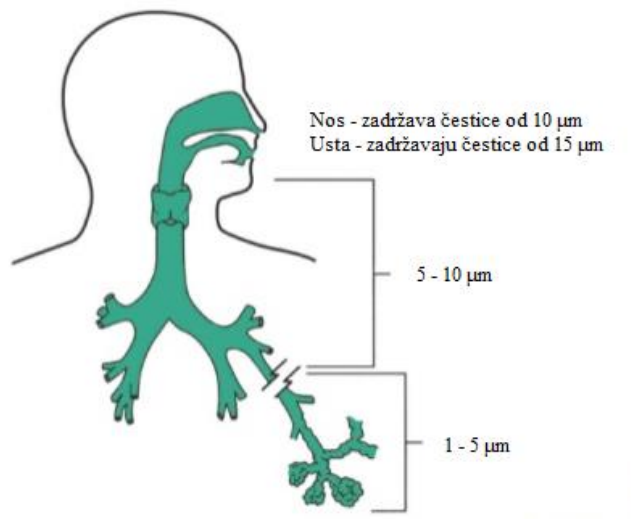
Izloženost povišenim vrijednostima lebdećih čestica moguća je i u prometu. Studije ukazuju na značajno povišeniju koncentraciju čestica na autocestama u odnosu na manje prometnice. Među njima dominiraju ultra fine čestice veličine do 0,1  $\mu\text{m}$ , čime se dolazi do zaključka da je veći dio izloženosti pojedinca ultra finim česticama upravo u prometu, osobito tijekom zimskih mjeseci. [13]

Među grupom ljudi izloženih istim povišenim koncentracijama lebdećih čestica, reakcije pojedinaca bit će različite. Neki od njih neće pokazati nikakav znak izloženosti, neki će se razboljeti blago ili čak ozbiljno, dok će neki od iste koncentracije umrijeti. Razlozi koji objašnjavaju toliko različite reakcije nisu u potpunosti razjašnjeni. Međutim, pojedinci čiji je organizam već oslabljen stanjima poput astme, dijabetesa, kardiovaskularnih bolesti te oni s deficijencijom nekih mikronutrijenata smatraju se pripadnicima najugroženije skupine. Također, na podložnost djelovanju lebdećih čestica utječu i osobne karakteristike nevezane uz zdravstveno stanje. Naime, rasa, spol i dob također utječu na reakciju organizma. Tako je bijela rasa podložnija utjecajima od crne rase, žene su podložnije od muškaraca te stariji ljudi i mala djeca od mladih odraslih osoba. Usto, i način disanja utječe na djelovanje lebdećih čestica, primjerice brzina disanja i volumen udahnutog zraka. Osobe koje uglavnom dišu na usta, a ne na nos, mogu udahnuti veću dozu lebdećih čestica kroz bronhijalne i alveolarne dišne puteve. [13, 19]

Do danas znanstvenici nisu potpuno sigurni koje kemijske i/ili fizikalne karakteristike lebdećih čestica utječu najviše na ljudsko zdravlje. Ipak, utvrđeno je da su čestice s najštetnijim djelovanjem one promjera do 10  $\mu\text{m}$ . Takve čestice mogu penetrirati u dišni sustav sve do plućnog tkiva. Generalno, što

je čestica manje veličine dublje će prodrijeti, te će se brže taložiti u dišnom sustavu. Prilikom disanja na nos, cilijarne dlačice i sluz formiraju učinkoviti filter za grube lebdeće čestice. Grube čestice se istalože poprilično brzo, uzrokujući kihanje i kašljanje te ih je tako moguće izbaciti iz organizma. Pojedinci čija pluća imaju smanjenu aktivnost mukozne membrane koja pročišćava zidove dišnih putova podložniji su negativnom djelovanju nataloženih čestica. S druge strane, otkrilo se da grube čestice veličine do 10  $\mu\text{m}$  stvaraju slobodne radikale, dovode do oksidativnog stresa u plućnom tkivu te mogu dovesti do apoptoze. [19,20]

Za čestice veličine pet do deset mikrometara se smatra da se talože u stablu traheobronhije, a one veličine jednog do pet mikrometara u bronhiolama i alveolama. U alveolama, kojima završavaju bronhioli, dolazi do izmjene kisika i ugljičnog dioksida između krvi i zraka. Lebdeće čestice koje dospiju do njih uzrokuju promjene prilikom izmjene plinova, te mogu dospjeti i do pluća. Moguće je da zbog svoje veličine dospiju i u krvotok, što dovodi do štete za cijeli organizam i ozbiljnih zdravstvenih problema. Ultra fine čestice posebno su značajne jer su u atmosferi prisutne u vrlo visokim koncentracijama u odnosu na masu, a ponašaju se slično molekulama plina. Stoga, lako prodiru do alveola te mogu migrirati dalje u stanično tkivo i opću cirkulaciju. [19,20]



Slika 6. Taloženje čestica različitih veličina, izvor:

<https://www.slideshare.net/AllergyChula/aerosalaerosal-drug-delivery-system>

Kao što je ranije navedeno, lebdeće čestice mogu u svom sastavu imati i određene metale. Neki od njih, poput prijelaznih metala povećavaju djelovanje reaktivnih oblika kisika poznatih po kraticom ROS. ROS je kratica koja dolazi od anglizma *reactive oxygen species*. Prijelazni metal koji najznačajnije pospješuje djelovanje ROS-a je željezo. Reaktivni oblici kisika dovode do oštećenja stanica i tkiva što može započeti ili pospješiti upalni proces u organizmu. Usto, povezani su s razvojem ateroskleroze, vaskularnom disfunkcijom, srčanom aritmijom i ozljedom miokarda. Moguće je da su genotoksični i mutageni učinci koji se pridaju lebdećim česticama uzrokovani prijelaznim metalima, kao i hlapljivim organskim spojevima, u sadržaju čestice. [19,21] Spomenuti učinci uključuju oštećenje DNA, lomove na jednostrukom DNA lancu, izmjene sestrinskih kromatida i oksidativno oštećenje DNA. [22]

Lebdeće čestice koje sadrže u svom sastavu elementarne tvari najvećim dijelom su uzrok poremećaja stanične membrane te upalnog stanja organizma što dovodi do ozbiljnih oboljenja, poput plućne fibroze. Suprotno tome, lebdeće čestice nastale antropogenim aktivnostima imaju veće štetno djelovanje na plućne i kardiovaskularne bolesti. Razlog tome je što lebdeće čestice nastale antropogenim aktivnostima lakše potiču produkciju proupalnih citokina. [19]

### **Bolesti uzrokovane lebdećim česticama**

Danas se smatra da su povećane koncentracije lebdećih čestica u zraku razlogom bar dijela oboljenja u područjima s onečišćenim zrakom. Analogno tome, nagađa se da bi se smanjenjem koncentracija istih smanjila i incidencija bolesti. [13]

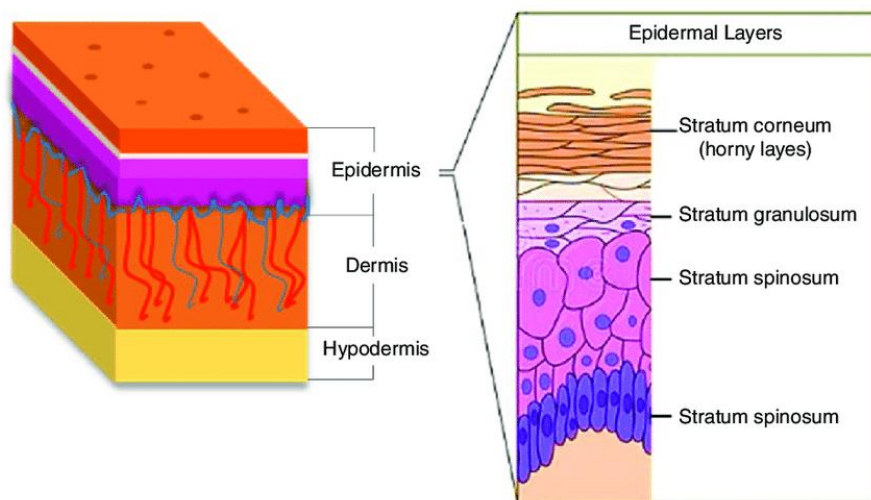
Izloženost povećanoj koncentraciji lebdećih čestica dovodi do negativnih utjecaja na ljudski organizam. Najučestaliji problemi do kojih dolazi su pojava simptoma bolesti dišnog sustava, otežan rad funkcija pluća, pogoršanje postojećih kroničnih stanja kardiovaskularnog sustava te prerana smrt. [19]

Simptomi bolesti dišnog sustava uzrokovani izloženošću finim česticama odnose se na dispneju, nelagodu i bol u prsima, kašljanje te kihanje. [18] Međutim, kao što je već navedeno, lebdeće čestice koje su inhalirane mogu pospješiti negativno djelovanje ROS-a čime dolazi do stanja oksidativnog stresa u organizmu. Posljedično, oksidativni stres pokreće sintezu medijatora upale u stanicama epitela pluća, kao i poticanje karcinogeneze putem aktiviranja transkripcijskih faktora i oštećenja DNA. Smatra se da

je upravo sposobnost finijih čestica da prodru do alveola ključni čimbenik njihove patogenosti. Putem navedenih mehanizama lebdeće čestice povećavaju incidenciju bolesti dišnog sustava, uključujući i rak pluća. [23] Kod djece izloženost lebdećim česticama može uzrokovati astmu te nepravilan razvoja pluća, koji može dovesti do dugotrajnog ireverzibilnog oštećenja funkcija pluća. [19]

Kod starijih osoba koje udišu zrak onečišćen lebdećim česticama rizik od infarkta miokarda se povećava. Razlog tome je što lebdeće čestice potiču razvoj ateroskleroze te pogoršanje postojećeg stanja. Nadalje, postoji sumnja da lebdeće čestice uzrokuju povećanje viskoznosti plazme, porast markera upalnog stanja te endotelnu disfunkciju. [19] Mehanizmi kojima dolazi do štetnog djelovanja na krvožilni sustav uključuju prodiranje lebdećih čestica, osobito ultra finih čestica, u krvotok, sistemsku upalu organizma, izmjenu procesa koagulacije, vaskularnu disfunkciju, izmijenjenu kontrolu srca od strane autonomnog sustava te već spomenuti oksidativni stres. Dakle, ultra fine čestice prodiranjem u krvotok mogu djelovati direktno toksično na kardiovaskularni sustav, neovisno o njihovom učinku na pluća. Taloženjem na vaskularnom endotelu potiču oksidativni stres i upalni proces što rezultira nestabilnim ateroskleroznim plakom te posljedično formiranjem tromba. Upravo je endotel neophodan za regulaciju krvnog tlaka, aterogenezu i trombozu. Dakle, disfunkcija endotela uzrokovana lebdećim česticama uz ostale faktore dovodi do neispravnog rada cijelog kardiovaskularnog sustava. Osim bolesti kardiovaskularnog i dišnog sustava, negativni učinci onečišćenja lebdećim česticama očituju i kroz korelaciju s razvojem šećerne bolesti kod odraslih. [21]

Kroz in vivo i in vitro studije znanstvenici su otkrili da lebdeće čestice negativno djeluju i na najveći ljudski organ, kožu. Fokus istraživanja bio je na vanjskom sloju kože koji se naziva i rožnati sloj (*stratum corneum*), u kojem su smještene pore žlijezda znojnice i otvori lojnih žlijezda. Rožnati sloj sastoji se od oko 20 podslojeva plosnatih, mrtvih stanica koje se uklanjaju putem procesa ljuštenja kože te se na taj način koža obnavlja. Lebdeće čestice koje u većem dijelu svog sastava sadrže policikličke aromatske ugljikovodike oštećuju rožnati sloj čime funkcija kože kao barijere značajno slabi, što posljedično može dovesti do predoziranja lijekovima koji se primjenjuju topički ili krema za sunčanje. [24]



Slika 7. Grafički prikaz slojeva kože, izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Describing-normal-and-healthy-stratum-corneum-layer-of-skin-with-naturally-balanced-water\\_fig3\\_327898511](https://www.researchgate.net/figure/Describing-normal-and-healthy-stratum-corneum-layer-of-skin-with-naturally-balanced-water_fig3_327898511)

Izloženost povećanoj koncentraciji lebdećih čestica utječe i na reproduktivni sustav oba spola. Prilikom izloženosti trudnice na početku trudnoće zabilježen je usporen intrauterini rast te zastoj rasta fetusa, što dovodi do niske porođajne težine novorođenčeta. Osim navedenog, izloženost lebdećim česticama može uzrokovati i prijevremeni porođaj, urođene mane kod djece te smrt nerođene djece i novorođenčadi. Kod muškaraca lebdeće čestice uzrokuju smanjenu pokretljivost spermija te proporcionalno smanjenje broja spermija s normalnom morfologijom i oblikom glave uz povećanje broja spermija s abnormalnim kromatinom. Nadalje, pojavnost aneuploidije u spermijima povezana je s izloženošću onečišćujućim tvarima u zraku. [19,25]

#### Tretiranje bolesti uzrokovanih lebdećim česticama prehranom

Osim putem farmakoloških pripravaka, određene bolesti uzrokovane povišenom koncentracijom lebdećih čestica mogu se tretirati i modificiranjem načina ishrane pojedinca. Jedan od načina je putem povećanja unosa antioksidansa poput vitamina C i E te polinezasićenih masnih kiselina, kroz prehranu ili putem dostupnih suplemenata. Kod istraživanja provedenih nad životinjama te u in vitro pokusima takav način ishrane uspješno je prevenirao oštećenje kardiovaskularnog sustava ublažavanjem oksidativnog stresa. No, kod ljudi vitamini C i E nisu spriječili razvoj bolesti kardiovaskularnog sustava u tolikoj mjeri. Polinezasićene masne kiseline poput onih koje se mogu pronaći u ribljem i maslinovom

ulju umanjuju utjecaj lebdećih čestica na vrijednosti varijabilnosti srčanog ritma i indeks srčane repolarizacije kod zdravih odraslih osoba srednje dobi. Oleinska kiselina kojom je bogato maslinovo ulje može smanjiti iznos ukupnih lipida u krvi te inhibirati agregaciju trombocita uz poboljšanje funkcija endotela. Dakle, pojačano konzumiranje maslinovog ulja može umanjiti oštećenje endotela nastalo izloženošću povišenoj koncentraciji lebdećih čestica u zraku. [21]

Više studija je pokazalo da vitamini, osobito C i E, imaju zaštitnički antioksidativni učinak na upalu dišnog sustava uzrokovanu onečišćenjem zraka, bilo u formi svježeg voća i povrća ili suplemenata. Iz tog razloga, upravo je povišena konzumacija antioksidansa i protuupalnih tvari jedna od metoda prevencije štetnog učinka lebdećih čestica na dišni sustav, i organizam općenito. Dakle, smatra se da voće, povrće, vitamini C i E,  $\beta$  karoten i polinezasićene masne kiseline zaštitno djeluju protiv negativnog utjecaja kojeg lebdeće čestice imaju na zdravlje. Vitamin C ili askorbinska kiselina značajan je antioksidans dišnih putova, ključan za oporavak tkiva, dok djelovanje vitamina C prevenira ozljede epitelnog tkiva. Iz navedenih podataka formirane su preporuke kojima se sugerira davanje antioksidansa i protuupalnih tvari u povećanim dozama putem ishrane prije pojave simptoma bolesti u svrhu zaštite od štetnih učinaka izloženosti na dišni sustav. [26]

Istraživanja provedena na temu utjecaja onečišćenja zraka na ishod trudnoće ukazuju na ulogu ishrane u zaštiti fetusa, ili u povećanju štetnih utjecaja. Određene vrste i skupine namirnica povezane su sa svakojakim biološkim procesima u organizmu. Smatra se da konzumiranje žitarica djeluje negativno uzrokujući povećanje vrijednosti C-reaktivnog proteina. Svježe voće, maslinovo ulje, kupusnjače, gljive i orašasti plodovi povezuju se sa sniženjem vrijednosti homocisteina te na taj način imaju blagotvorno djelovanje. Na rezultate koje će polučiti određen način ishrane utječu i geni, koji mogu djelovati na masti i sastav masnih kiselina što stvara predispoziciju za reakciju na izloženost lebdećim česticama. Nadalje, genetska predispozicija za polimorfizme gena koji kodiraju popravak DNA može utjecati i na razinu oštećenja DNA od strane lebdećih čestica. [27]

## Stopa smrtnosti od bolesti uzrokovanih lebdećim česticama

Razne industrije, prijevozna sredstva, pa čak i kućanstva stvaraju i otpuštaju u zrak zagađivala štetna po ljudsko zdravlje. Međunarodna agencija za istraživanje raka putem studija koje je 2013. godine objavila Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) utvrdila je da zagađenje zraka među ostalim djeluje i kancerogeno za ljude. Smatra se da lebdeće čestice, osobito fine, imaju veće štetno djelovanje od ostalih vrsta zagađivala, koje se dodatno povećava ako se radi o rizičnoj skupini poput djece, starijih te kronično oboljelih od respiratornih i kardiovaskularnih bolesti. Izloženost povišenoj koncentraciji lebdećih čestica dovodi do razvoja niza bolesti, ali i do povećane smrtnosti odnosno pobola. Povišena koncentracija lebdećih čestica u zraku blisko je povezana s obolijevanjem od raka pluća, te u manjoj mjeri i sa pojavom raka mokraćnog trakta i/ili mjehura. Usprkos svim nastojanjima da se emisije onečišćujućih tvari smanje te da se kvaliteta zraka poboljša smatra se da na svjetskoj razini godišnje umre oko tri milijuna ljudi uslijed obolijevanja vezanih uz lebdeće čestice, što čini čak pet posto ukupne godišnje smrtnosti. Kada se zagađenje zraka vjetrom prenosi kroz više različitih zemalja dolazi do kompliciranog problema na kojeg se teško utječe. Takva situacija osobito pogađa zemlje Europe i Sjeverne Amerike. Potaknuta time, 1979. godine ustanovljena je međunarodna Konvencija o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka čija je potpisnica od 1991. godine i RH. [28,29,30]

Prema izvještajima SZO, 2016. godine onečišćenje zraka uzrokovalo je 4.2 milijuna smrti globalno. Takva brojka može biti objašnjena činjenicom da je više od 90 % populacije koja živi u urbanim područjima iste te godine bilo izloženo koncentraciji lebdećih čestica koja prelazi preporučene vrijednosti izdane od strane SZO. Analizirajući globalnu situaciju, smatra se da je zagađenje zraka razlogom 43 % smrti uzrokovanih kroničnom opstruktivnom bolesti pluća, 29 % smrti uzrokovanih rakom pluća, 25 % smrti uzrokovanih ishemijskom bolesti srca te 24 % smrti koje su posljedica infarkta. [30]

Provedene studije dovele su do zaključka da izloženost lebdećim česticama skraćuje životni vijek za otprilike 8.6 mjeseci. Nadalje, smanjenje koncentracije  $PM_{2.5}$  za  $10 \mu g/m^3$  trebala bi produžiti životni vijek za 4.2 mjeseca. Povišenje koncentracija  $PM_{2.5}$  i  $PM_{10}$  za  $10 \mu g/m^3$  u odnosu na prethodni dan može dovesti do povećanja smrtnosti za od 0.6 % do 0.8 %. [19]



Iako je povišena koncentracija lebdećih čestica problem koji pogađa sve zemlje, zemlje u kojima je bruto društveni proizvod niži te se narod smatra siromašnijim od prosjeka pate od istog probleme u težem obliku. [30]

### **Mjerenje koncentracije lebdećih čestica**

Tehnike mjerenja lebdećih čestica kategoriziraju se u one koje sakupljaju aerosole na filterima, prilikom čega analiza traje duže vrijeme, i one koje kontinuirano uzorkuju aerosole pružajući gotovo trenutne podatke. Kaskadni impaktor primjer je uređaja kojim se mjeri granulometrijski sastav aerosola. Mehanizam mjerenja temelji se na činjenici da veće čestice uzrokuju veću inerciju, zbog svoje veće mase. Vakuuskom pumpom uvlači se struja zraka u kojoj su prisutne lebdeće čestice u uređaj odnosno impaktor. Kaskadni impaktor jednostavan je instrument, no omogućava visoku razinu točnosti. U svrhu analize lebdećih čestica koristi se i optički brojač čestica. Princip rada je brojanje jedne po jedne čestice u kontinuiranoj struji zraka, u koju se upuhuje i čisti (filtrirani) zrak u svrhu lakšeg brojanja. Standardni optički brojači ograničeni su na čestice veličine iznad 50 nm. Prilikom mjerenja raspršenja svjetlosti koristi se nefelometar. Nefelometar je uređaj koji mjeri zračenje koje je lebdeća čestica raspršila, usmjereno u cijev. Budući da nefelometar mjeri samo zračenje koje je ušlo u cijev potrebno je primijeniti faktor korekcije za ostatak raspršenja. Zračenje koje čestice apsorbiraju može se izmjeriti kao razlika u transmisiji svjetla kroz određeni filter prije i nakon što su čestice istaložene na isti. Apsorpcija čestica može se mjeriti i foto-akustički. Prilikom takvog mjerenja u čestice se usmjeri snop zraka, dolazi do zagrijavanja čestice te emitiranja zvučnog vala koji se mjeri. Mjerni uređaji koji su postavljeni na mjernim postajama kroz cijelu državu, a i cijeli svijet osiguravaju točne vrijednosti koncentracije čestica, međutim nedostaju im podaci o uvjetima u atmosferi koji bi pružili kompletnu sliku. Iz tog razloga važno je kombinirati više metoda mjerenja što će omogućiti potpun uvid u trenutno stanje kvalitete zraka. [9]

## 5. CILJ RADA

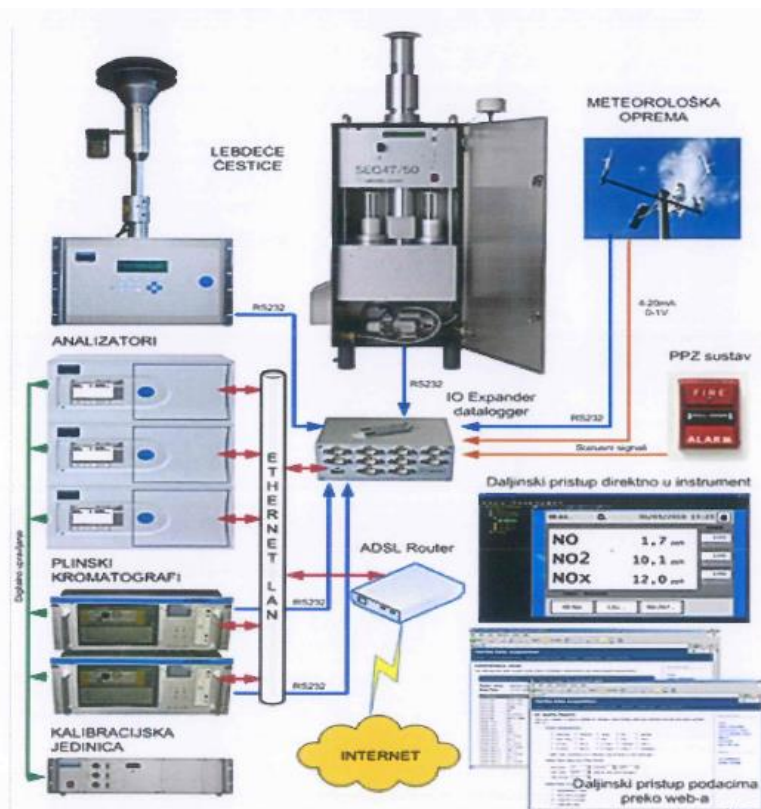
Cilj rada je analiziranje koncentracije lebdećih čestica  $PM_{2.5}$  i  $PM_{10}$  u PP Telašćica. Praćene su koncentracije lebdećih čestica tijekom 2016., 2017. i 2018. godine. Svrha praćenja koncentracija jest uočavanje oscilacija u vrijednostima te trenda onečišćenja zraka na tom području. Dobiveni podaci usporedit će se s trendom koncentracija zagađivala koje se mogu izmjeriti na mjernim stanicama u blizini ostalih parkova prirode na području RH, čime se razvija šira slika o kvaliteti zraka na zaštićenim područjima. Budući da je zrak ključan za ispravan rast i razvoj ne samo ljudske vrste, već i flore i faune koja nas okružuje neophodno je prioritizirati očuvanje kvalitete zraka prve kategorije. Osnovna zadaća ovog rada je podizanje svijesti o važnosti biološke raznolikosti područja poput PP Telašćica, informiranje o doseg štetnog učinka koje lebdeće čestice mogu imati te poticanje na promišljanje o prevenciji onečišćenja u budućnosti.

## 6. MATERIJALI I METODE

### 6.1. MREŽA PRAĆENJA KVALITETE ZRAKA

U RH kontrola kvalitete zraka obavlja se putem državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka, mjernih postaja jedinica lokalne i regionalne samouprave te putem mjernih postaja posebne namjene (koje se odnose na mjerne postaje onečišćivača). Prikupljene informacije primjenjuju se prilikom analiziranja kvalitete zraka te zatim za osmišljavanje i provođenje preventivnih mjera zaštite zraka od zagađivala. [31,32]

Razvojem državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka broj automatskih stanica tijekom proteklog desetljeća osjetno se povećao. I u današnje vrijeme broj postaja, kao i program mjerenja sporadično se mijenja te konstantno poboljšava. Prema Zakonu o zaštiti zraka, državnom mrežom za trajno praćenje kvalitete zraka od 2010. godine upravlja Državni hidrometeorološki zavod. Podaci dobiveni s mjernih postaja šalju se u satnim intervalima na mrežne stranicame Zavoda za zaštitu okoliša i prirode Ministarstva zaštite okoliša i energetike. Osim objavljivanja podataka putem navedene stranice, dobivene informacije koriste se za izradu godišnjih Izvješća o kvaliteti zraka od strane Ministarstva zaštite okoliša i energetike. Kvaliteta zraka za svako zagađivalo određuje se jednom godišnje za proteklu godinu. [31,32]

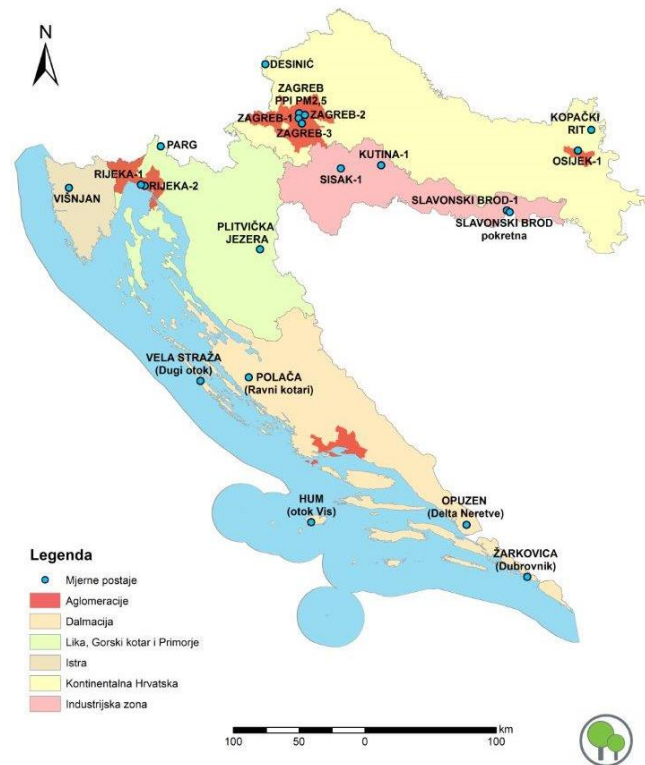


Slika 8. Sustav za prikupljanje podataka, izvor: P. Hercog, N. Aboud, Godišnje izvješće o rezultatima praćenja kvalitete zraka na postajama državne mreže za praćenje kvalitete zraka u 2014. godini, Ekoneg, Zagreb, 2015.

### Državna mreža za trajno praćenje

Državna mreža za trajno praćenje kvalitete zraka u ovom trenutku objedinjuje 22 mjerne stanice za kontrolu kvalitete zraka, a planira se i postavljanje i 5 novih mjernih postaja u Zagrebu, Splitu, Osijeku i Omišlju (na otoku Krku). 11 postaja postavljeno je u naseljima i industrijskim središtima - 3 u Zagrebu, 2 u Slavonskom brodu te po jedna u Rijeci, Kutini, Osijeku, Sisku, Varaždinu i Karlovcu. Još jedanaest stanica postavljeno je u ruralnim predjelima te zaštićenim lokalitetima kao što su Desinić, Plitvička jezera, Parg, Višnjan, Bilogora, Polača – u Ravnim kotarima, Vela straža – na Dugom otoku, Kopački rit, Hum – na otoku Visu, Opuzen – delta Neretve i Žarkovica – Dubrovnik. [31]

## DRŽAVNA MREŽA ZA PRAĆENJE KVALITETE ZRAKA

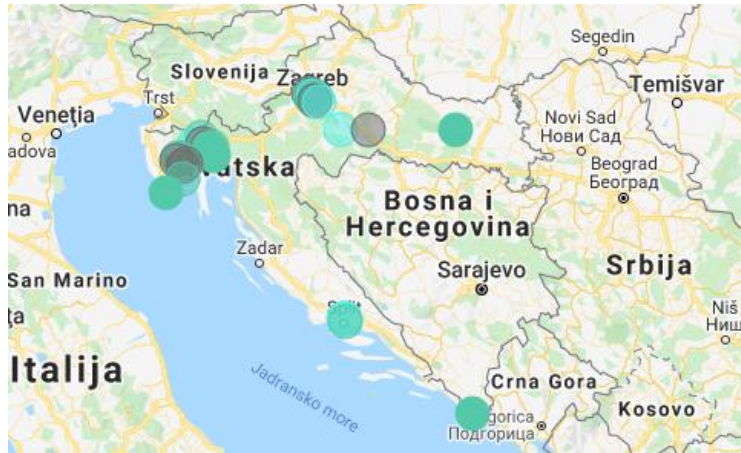


Slika 9. Državna mreža za trajno praćenje kvalitete zraka, izvor: [http://iszz.azo.hr/iskzl/mreza\\_drz.htm](http://iszz.azo.hr/iskzl/mreza_drz.htm)

Postaje: Zagreb-1, Zagreb-2, Zagreb-3, Rijeka-1, Rijeka-2, Osijek-1, Kutina-1, Sisak-1, Slavonski brod-1, Slavonski brod - privremena pokretna postaja, Kopački rit, Desinić, Plitvička jezera, Parg, Višnjan, Vela straža (Dugi otok), Polača (Ravni kotari), Hum (otok Vis), Opuzen (delta Neretve), Žarkovica (Dubrovnik), Zagreb PPI  $PM_{2,5}$  - Ksaverska cesta, Slavonski brod-2, Varaždin-1, Karlovac-1, Rijeka-PPI  $PM_{2,5}$ , Pula Fižela.

### Lokalna mreža za praćenje kvalitete zraka u županijama i gradovima

Lokalna mreža na prostoru Republike Hrvatske sastoji se od otprilike 50 mjernih stanica podijeljenih po zonama i aglomeracijama.



Slika 10. Lokalna mreža za praćenje kvalitete zraka u županijama i gradovima, izvor: <http://iszz.azo.hr/iskzl/index.html>

Stupanjem na snagu Uredbe o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Republike Hrvatske (NN 1/14) dana 18. prosinca 2013. godine prostor RH podijeljen je na pet zona i četiri aglomeracije u svrhu kontrole kvalitete zraka. [33]

Utvrđene su zone čiji je obuhvat:

HR 1: Zagrebačka županija (izuzimajući aglomeraciju HR ZG), Osječko-baranjska županija (izuzimajući aglomeraciju HR OS), Požeško-slavonska županija, Vukovarsko-srijemska županija, Virovitičko-podravska županija, Bjelovarsko-bilogorska županija, Krapinsko-zagorska županija, Koprivničko-križevačka županija, Međimurska županija, Varaždinska županija,.

HR 2: Sisačko-moslavačka županija, Brodsko-posavska županija.

HR 3: Primorsko-goranska županija (izuzimajući aglomeraciju HR RI), Ličko-senjska županija, Karlovačka županija.

HR 4: Istarska županija.

HR 5: Splitsko-dalmatinska županija (izuzimajući aglomeraciju HR ST), Šibensko-kninska županija, Zadarska županija, Dubrovačko-neretvanska županija.

Utvrđene su aglomeracije čiji je obuhvat:

HR ZG: Grad Zagreb, Grad Samobor, Grad Sveta Nedjelja, Grad Dugo Selo, Grad Zaprešić, Grad Velika Gorica.

HR OS: Grad Osijek.

HR RI: Grad Rijeka, Grad Bakar, Grad Kastav, Grad Kraljevica, Grad Opatija, Općina Lovran, Općina Viškovo, Općina Jelenje, Općina Čavle, Općina Kostrena, Općina Matulji, Općina Klana, Općina Omišalj.

HR ST: Grad Split, Grad Solin, Grad Kaštela, Grad Trogir, Općina Podstrana, Općina Klis, Općina Seget. [36]

#### **Mjerna postaja Vela straža – Dugi otok**

Mjerna postaja Vela straža postavljena je na Dugom otoku u naselju Žman te pripada zoni Dalmacija. Mjerna postaja smještena je na 325 m nadmorske visine, na 43.991500 stupnjeva sjeverne geografske širine te 15.058111 stupnjeva istočne geografske dužine.

Aktivno mjerenje na ovoj postaji započeto je 01. siječnja 2013.godine. Kao i s ostalim mjernim postajama u RH, postajom upravlja Državni hidrometeorološki zavod, Grič 3, Grad Zagreb. Podaci se dostavljaju Zavodu za zaštitu okoliša i prirode Ministarstva zaštite okoliš i energetike. Cilj mjerenja koji je postavljen za ovu mjernu postaju je procjena utjecaja na zdravlje ljudi i okoliš te praćenje trenda onečišćenja zraka.

Područje na kojem je postavljena postaja definirano je kao ruralno – regionalno, te postaja prema tipu pripada u pozadinsku postaju u odnosu na izvor emisija. Mjerna postaja automatskim analizatorom mjeri koncentraciju onečišćujućih tvari PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>1</sub>.

Meteorološki parametri koji se također analiziraju su: temperatura (°C), brzina vjetra (m/s) i smjer vjetra (°). [34,35]



Slika 11. Postaja Vela straža (Dugi otok), izvor:

[http://meteo.hr/kvaliteta\\_zraka.php?section=podaci\\_kz&post=Vela+stra%C5%BEa+%28Dugi+otok%29](http://meteo.hr/kvaliteta_zraka.php?section=podaci_kz&post=Vela+stra%C5%BEa+%28Dugi+otok%29)

## 6.2. MJERNI INSTRUMENT

Masene koncentracije frakcija lebdećih čestica  $PM_{10}$  i  $PM_{2.5}$  mjerene su ne – referentnom metodom pomoću automatskog analizatora Grimm 180 EDM. Automatski analizator koristi se metodom ortogonalnog raspršenja svjetlosti te je postavljen trajno na mjernoj postaji. Na mjernoj postaji Vela straža zrak se uzorkuje u intervalima od sat vremena, te se podaci usrednjavaju satno.[34]

Uređaj Grimm 180 EDM koristi se prilikom analiziranja frakcija lebdećih čestica, na gradilištima i u rudarstvu te tijekom provođenja epidemioloških studija. Uređaj funkcionira na principu osvjetljavanja pojedinačne čestice diodnim laserom pri valnoj duljini od 660 nm u uzorku zraka, prilikom čega dolazi do raspršenja svjetlosti. Na zrcalu se promatra raspršeno zračenje te se signal koji se odbija u zrcalu skuplja u diodi odakle odlazi u analizator visine signala te se ondje razvrstava prema veličini. Detekcija volumena aerodinamički je fokusirana. [36,14]

Uređaj Grimm 180 EDA koristi se u preko dvadeset zemalja diljem svijeta te posjeduje više certifikata i odobrenja koji dokazuju njegovu kvalitetu, poput US-EPA, UK-MCERTS, CN-CMA. U realnom vremenu analizator mjeri  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$ ,  $PM_1$ , ukupan broj te distribuciju čestica. Veličina čestica koje



analizator može očitati kreće se od 0.25 do 32  $\mu\text{m}$  te očitava do 3 000 000 čestica po litri. Posjeduje vrhunsku statistiku brojanja i reproduktivnost pri niskim i pri visokim koncentracijama lebdećih čestica. Princip rada u potpunosti je automatiziran te ima mogućnost upravljanja i kontroliranja iz udaljenog područja. Analizator nije osjetljiv na vibracije, te je primjenjiv čak i u prijevoznim sredstvima. Posjeduje mogućnost samoprovjeravanja optičkih i pneumatskih sastavnica kako bi održao potrebnu razinu točnosti, te čišćenje strujom zraka kako bi se zaštitio laser i detektor u optičkoj ćeliji. Uređaj funkcionira pri temperaturama od - 20°C do + 50°C, bez kondenzacije, pri tlaku zraka od 90 do 110 kPa. Dimenzije aparata su 26.6 x 48.3 x 36.4 cm te teži 18 kilograma. [36]



Slika 12. GRIMM 180 EDM, izvor: <https://www.grimm-aerosol.com/products-en/environmental-dust-monitoring/approved-pm-monitor/edm180/>

## 7. REZULTATI

### 7.1. KVALITETA ZRAKA U RAZDOBLJU OD 2011. DO 2015. GODINE

Prema Ocjeni kvalitete zraka na području Hrvatske za razdoblje između 2011. i 2015. godine izdanom od strane Državnog hidrometeorološkog zavoda, na području aglomeracije HR 05 – Dalmacija, kojoj pripada Dugi otok odnosno mjerna postaja Vela straža, nije bilo prekoračenja granične vrijednosti zagađivala zraka. Analizom mjerenja ustanovljeno je da su vrijednosti za SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> te CO ispod donje granice procjenjivanja. [37]

### 7.2. PRAĆENJE LEBDEĆIH ČESTICA TIJEKOM 2016. GODINE

Analizom podataka dostupnih u Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2016. godini vidljivi su sljedeći podaci:

Tablica 6. Statistički pregled mjerenja PM<sub>10</sub> – 2016.

Postaja	Zona/Aglomeracija	N	OP (%)	C (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>M</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>50</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>99</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	> GV
Vela straža (Dugi otok)	HR 05	331	98	8.9	76.9	7.5	25.6	1

Kratica N označava broj podataka dok kratica OP stoji za obuhvat podataka. Srednja koncentracija u promatranom razdoblju označava se kraticom C, dok oznaka C<sub>M</sub> predstavlja najveću koncentraciju u promatranom razdoblju. Medijan koncentracije u promatranom razdoblju zapisuje se kao C<sub>50</sub>, dok kratica C<sub>99</sub> označava 99. percentil koncentracije u promatranom razdoblju.

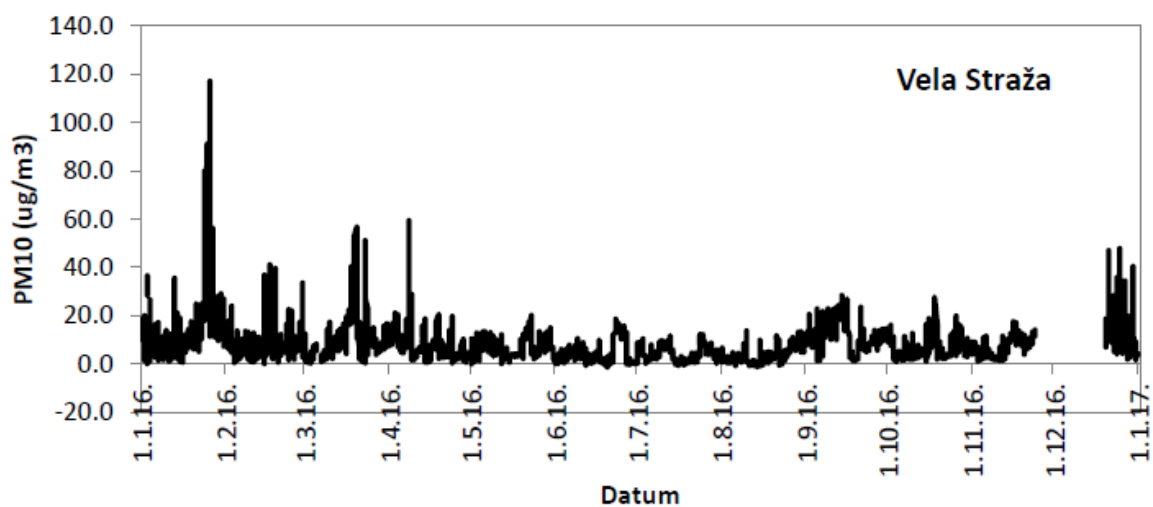
Prema Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2016. godini kvaliteta zraka za PM<sub>10</sub> s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi na postaji Vela straža pripada prvoj kategoriji.

Analizirajući vrijednosti dobivene mjerenjem u odnosu na propisane u Prilogu 2. Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku ustanovljeno je sljedeće:

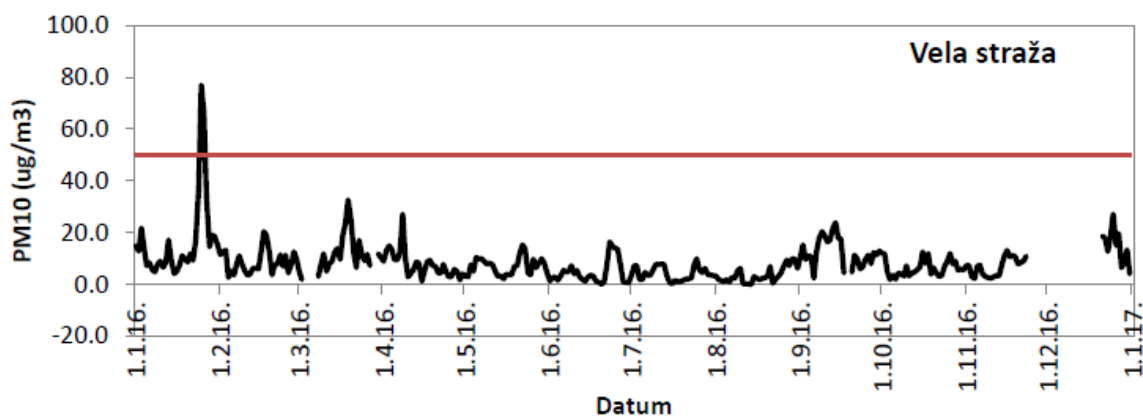
Tablica 7. Ocjena prema pragovima procjene za zaštitu ljudi – 2016.

Postaja	Zona/Aglomeracija	Broj prekoračenja		Srednja godišnja vrijednost	OCJENA		
		>DPP	>GPP		C ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C< DPP	GPP <C< GPP
Vela straža	HR 05	7	3	8.2	√		

Kraticom DPP označava se donji prag procjenjivanja dok se oznaka GPP odnosi na gornji prag procjenjivanja.



Slika 13. Kretanje srednjih satnih koncentracija  $\text{PM}_{10}$  tijekom 2016. godine.



Slika 14. Kretanje srednjih dnevnih koncentracija PM<sub>10</sub> tijekom 2016. godine.

VELA STRAŽA (DUGI OTOK)																				
SIJEČANJ							VELJAČA							OŽUJAK						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31					29							29	30	31				
TRAVANJ							SVIBANJ							LIPANJ						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30						29	30	31					29	30					

Slika 15. Datumi prekoračenja 24-satne granične vrijednosti za PM<sub>10</sub> – 2016.

Analizom podataka dostupnih u Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2016. godini vidljivi su sljedeći podaci:

Tablica 8. Statistički pregled mjerenja PM<sub>2.5</sub> – 2016.

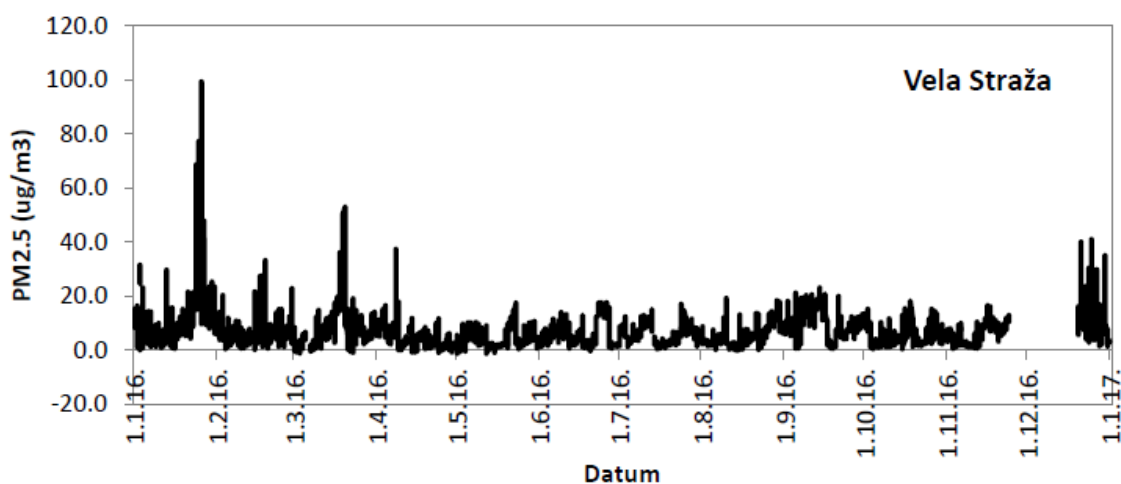
Postaja	Zona/Aglomeracija	N	OP (%)	C (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>M</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>50</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>98</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Vela straža	HR 05	7982	98	7.1	99.4	5.7	23.1

Prema Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2016. godini kvaliteta zraka za PM<sub>2.5</sub> s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi na postaji Vela straža pripada prvoj kategoriji.

Analizirajući vrijednosti dobivene mjerenjem u odnosu na propisane u Prilogu 2. Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku ustanovljeno je sljedeće:

Tablica 9. Ocjena prema pragovima procjene za zaštitu ljudi – 2016.

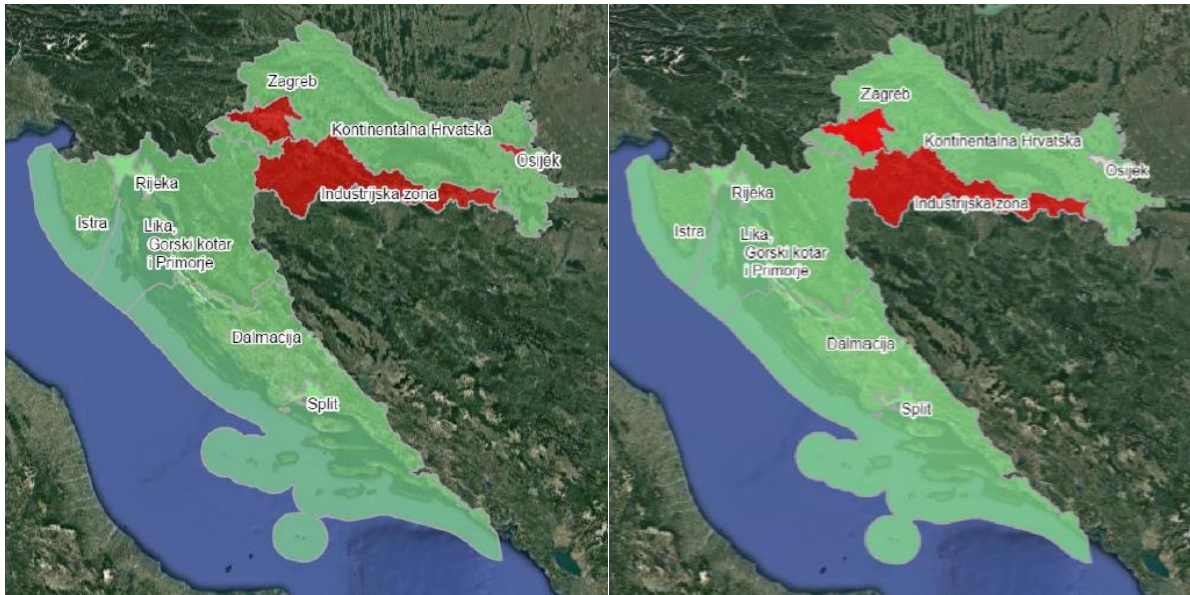
Postaja	Zona/Aglomeracija	Srednja godišnja vrijednost	OCJENA		
			C<	GPP <C<	GPP <C
Vela straža	HR 05	C (µg/m <sup>3</sup> )	C<	GPP <C<	GPP <C
		7.1	DPP	GPP	
			√		



Slika 16. Kretanje srednjih satnih koncentracija PM<sub>2.5</sub> tijekom 2016. godine.

[38]

Prema Godišnjem izvješću o praćenju kvalitete zraka na području RH za 2016. godinu, izdanog od strane Hrvatske agencije za okoliš i prirodu, vidljivo je da zona HR 05 – Dalmacija pod koju pripada Dugi otok pripada području čije su vrijednosti sukladne s ciljevima zaštite okoliša.



Slika 17. Ocjena onečišćenosti (sukladnosti) zona i aglomeracija lebdećim česticama PM<sub>10</sub> (lijevo) i PM<sub>2.5</sub> (desno) u 2016. godini.

Crvenom bojom označeno je područje koje nije u skladu s ciljevima zaštite okoliša, dok je zelenom bojom obilježeno područje čije su vrijednosti u skladu s graničnim vrijednostima za PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub>. [39]

### 7.3. PRAĆENJE LEBDEĆIH ČESTICA TIJEKOM 2017. GODINE

Analizom podataka dostupnih u Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2017. godini dostupni su sljedeći statistički podaci:

Tablica 10. Statistički pregled mjerenja PM<sub>10</sub> – 2017.

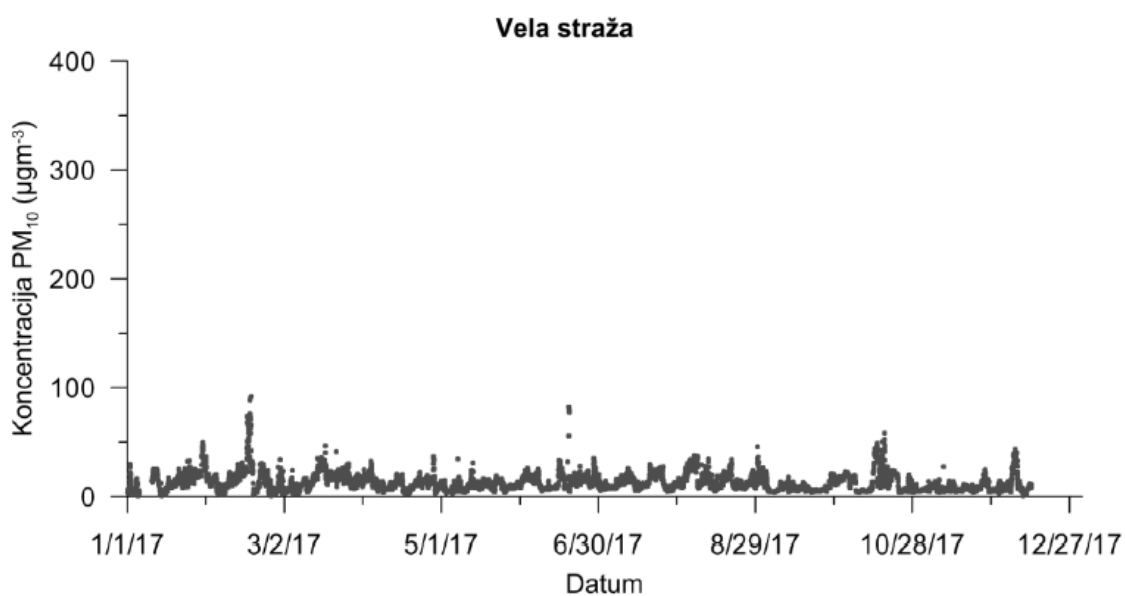
Postaja	Zona/Agglomeracija	N	OP (%)	C (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>M</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>50</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>89</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	> GV
Vela straža (Dugi otok)	HR 05	332	91	12.6	55.2	10.7	31.1	1

Prema Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2017. godini kvaliteta zraka za PM<sub>10</sub> s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi na postaji Vela straža pripada prvoj kategoriji.

Analizirajući vrijednosti dobivene mjerenjem u odnosu na one propisane u Prilogu 2. Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku ustanovljeno je sljedeće:

Tablica 11. Ocjena prema pragovima procjene za zaštitu ljudi – 2017.

Postaja	Zona/Aglomeracija	Broj prekoračenja		Srednja godišnja vrijednost		OCJENA		
		>DPP	>GPP	OP (%)	C ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C< DPP	GPP <C< GPP	GPP <C
Vela straža	HR 05	20	3	91	12.6	√		



Slika 18. Kretanje srednjih satnih koncentracija PM<sub>10</sub> tijekom 2017. godine.

Vela straža (Dugi otok)																				
SIJEČANJ							VELJAČA							OŽUJAK						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31												29	30	31				
TRAVANJ							SVIBANJ							LIPANJ						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30						29	30	31					29	30					
SRPANJ							KOLOVOZ							RUJAN						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31					29	30	31					29	30					
LISTOPAD							STUDENI							PROSINAC						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31					29	30						29	30	31				

Slika 19. Datumi prekoračenja 24-satne granične vrijednosti za PM<sub>10</sub> – 2017.

Analizom podataka dostupnih u Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2017. godini vidljivi su sljedeći statistički podaci:

Tablica 12. Statistički pregled mjerenja PM<sub>2,5</sub> – 2017.

Postaja	Zona/Aglomeracija	N	OP (%)	C (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>M</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>50</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>98</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Vela straža	HR 05	8026	92	8.9	82.3	7.3	27.2

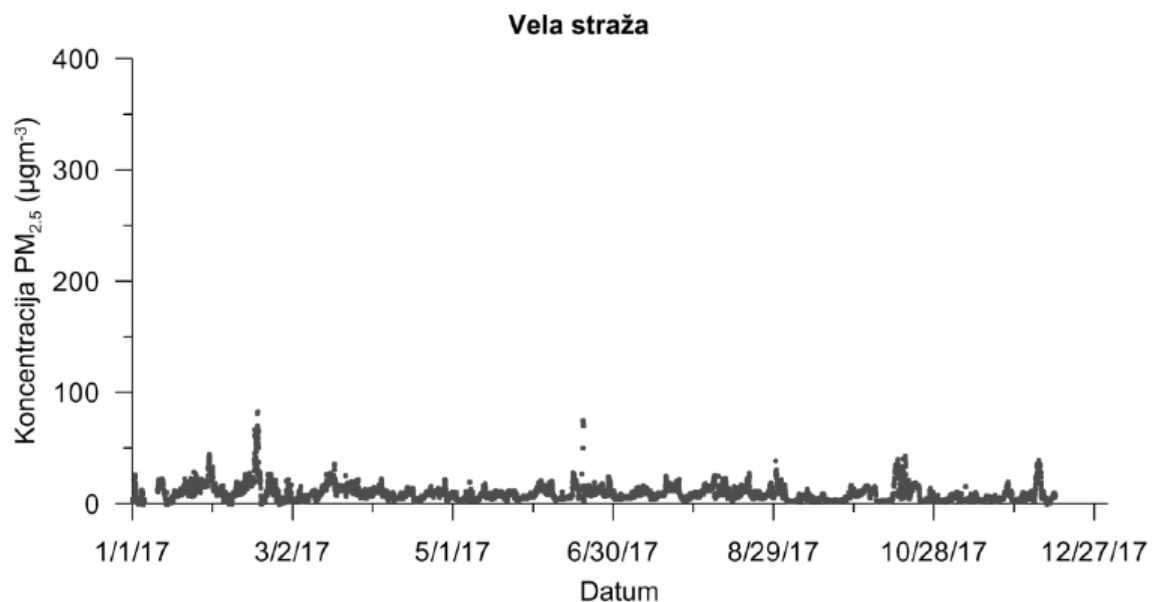
Prema Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2017. godini kvaliteta zraka za PM<sub>2,5</sub> s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi na postaji Vela straža pripada prvoj kategoriji.



Analizirajući vrijednosti dobivene mjerenjem u odnosu na one propisane u Prilogu 2. Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku ustanovljeno je sljedeće:

Tablica 13. Ocjena prema pragovima procjene za zaštitu ljudi – 2017.

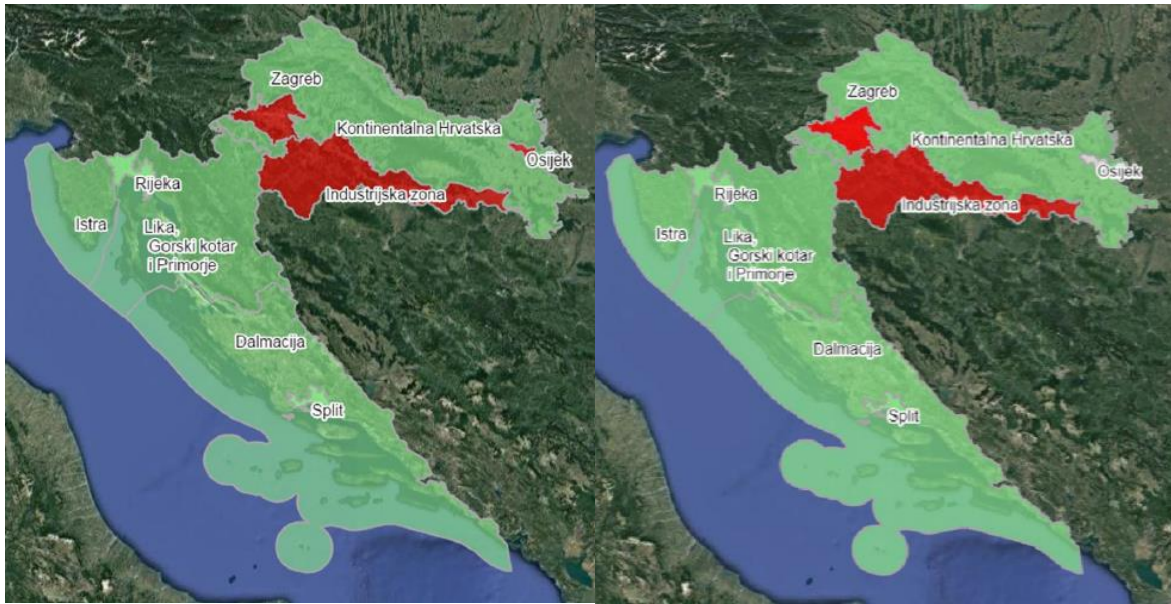
Postaja	Zona/Aglomeracija	Srednja godišnja vrijednost	OCJENA		
			C<	GPP <C<	GPP <C
Vela straža	HR 05	C ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C<	GPP <C<	GPP <C
		8.9	DPP	GPP	
			√		



Slika 20. Kretanje srednjih satnih koncentracija  $\text{PM}_{2.5}$  tijekom 2017. godine.

[40]

Prema Godišnjem izvješću o praćenju kvalitete zraka na području RH za 2017. godinu, izdanog od strane Hrvatske agencije za okoliš i prirodu, vidljivo je da zona HR 05 – Dalmacija pod koju pripada Dugi otok pripada području čije su vrijednosti sukladne s ciljevima zaštite okoliša.



Slika 21. Ocjena onečišćenosti (sukladnosti) zona i aglomeracija lebdećim česticama PM<sub>10</sub> (lijevo) i PM<sub>2,5</sub> (desno) u 2017. godini.

Crvenom bojom označeno je područje koje nije u skladu s ciljevima zaštite okoliša, dok je zelenom bojom obilježeno područje čije su vrijednosti u skladu s graničnim vrijednostima za PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub>. [41]

#### 7.4. PRAĆENJE LEBDEĆIH ČESTICA TIJEKOM 2018. GODINE

Analizom podataka dostupnih u Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2018. godini dostupni su sljedeći statistički podaci:

Tablica 14. Statistički pregled mjerenja PM<sub>10</sub> – 2017.

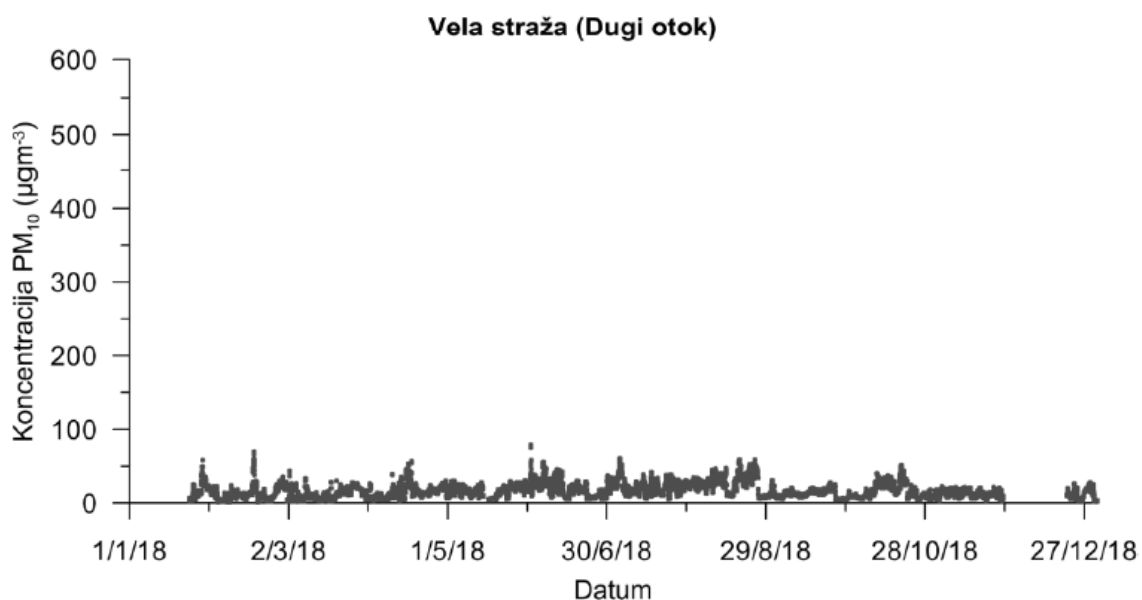
Postaja	Zona/Agglomeracija	N	OP (%)	C (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>M</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>50</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>89</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	> GV
Vela straža (Dugi otok)	HR 05	310	85	16	44.9	15	38	0

Prema Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2018. godini kvaliteta zraka za PM<sub>10</sub> s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi na postaji Vela straža pripada prvoj kategoriji.

Analizirajući vrijednosti dobivene mjerenjem u odnosu na one propisane u Prilogu 2. Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku ustanovljeno je sljedeće:

Tablica 15. Ocjena prema pragovima procjene za zaštitu ljudi – 2018.

Postaja	Zona/Aglomeracija	Broj prekoračenja		Srednja godišnja vrijednost		OCJENA		
		>DPP	>GPP	OP (%)	C ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	C< DPP	GPP <C< GPP	GPP <C
Vela straža	HR 05	53	13	85	16	√		



Slika 22. Kretanje srednjih satnih koncentracija PM<sub>10</sub> tijekom 2018. godine.

Vela straža (Dugi otok)																				
SIJEČANJ							VELJAČA							OŽUJAK						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31												29	30	31				
TRAVANJ							SVIBANJ							LIPANJ						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30						29	30	31					29	30					
SRPANJ							KOLOVOZ							RUJAN						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31					29	30	31					29	30					
LISTOPAD							STUDENI							PROSINAC						
1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14	8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28	22	23	24	25	26	27	28
29	30	31					29	30						29	30	31				

Slika 23. Datumi prekoračenja 24-satne granične vrijednosti za PM<sub>10</sub> - 2018.

Analizom podataka dostupnih u Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2018. godini vidljivi su sljedeći statistički podaci:

Tablica 16. Statistički pregled mjerenja PM<sub>2.5</sub> – 2018.

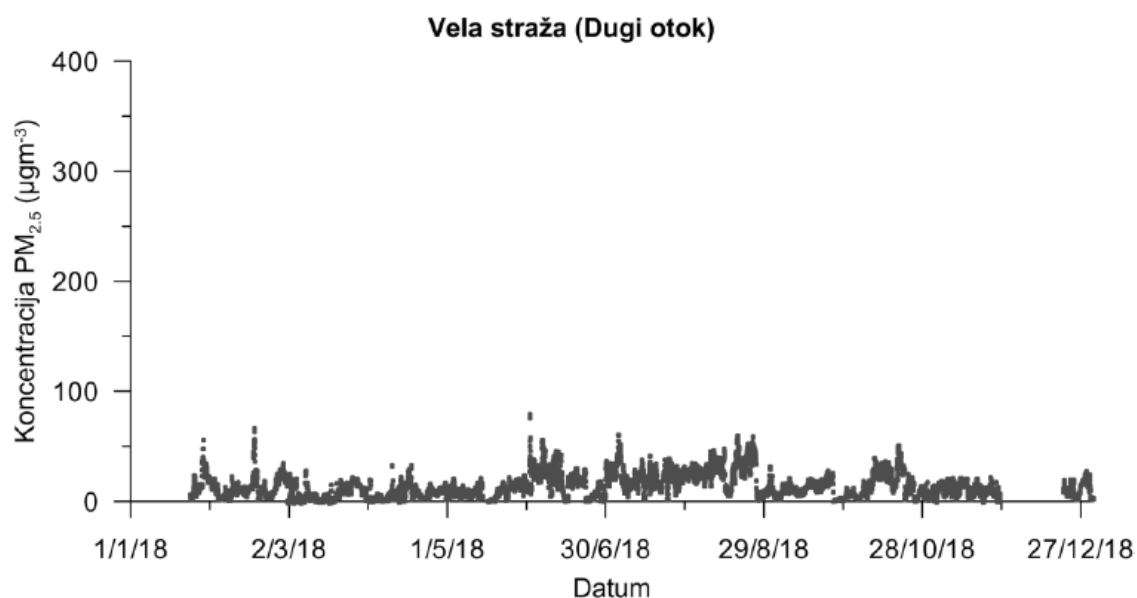
Postaja	Zona/Aglomeracija	N	OP (%)	C (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>M</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>50</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	C <sub>98</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Vela straža	HR 05	7454	85	14	78.9	11	43

Prema Izvješću o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2018. godini kvaliteta zraka za PM<sub>2.5</sub> s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi na postaji Vela straža pripada prvoj kategoriji.

Analizirajući vrijednosti dobivene mjerenjem u odnosu na one propisane u Prilogu 2. Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku ustanovljeno je sljedeće:

Tablica 17. Ocjena prema pragovima procjene za zaštitu ljudi – 2018.

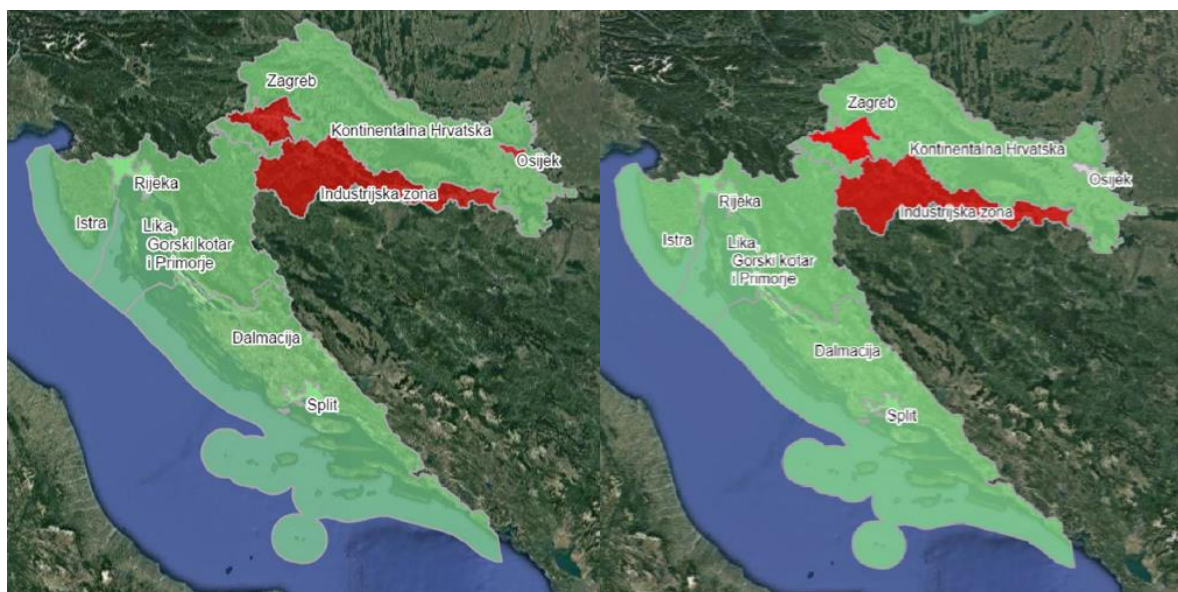
Postaja	Zona/Aglomeracija	Srednja godišnja vrijednost	OCJENA		
			C<	GPP <C<	GPP <C
Vela straža	HR 05	C ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	DPP	GPP	
		14		√	



Slika 24. Kretanje srednjih satnih koncentracija  $\text{PM}_{2.5}$  tijekom 2018. godine.

[41]

Prema Godišnjem izvješću o praćenju kvalitete zraka na području RH za 2018. godinu, izdanog od strane Hrvatske agencije za okoliš i prirodu, vidljivo je da zona HR 05 – Dalmacija pod koju pripada Dugi otok pripada području čije su vrijednosti sukladne s ciljevima zaštite okoliša.



Slika 25. Ocjena onečišćenosti (sukladnosti) zona i aglomeracija lebdećim česticama PM<sub>10</sub> (lijevo) i PM<sub>2,5</sub> (desno) u 2018. godini.

Crvenom bojom označeno je područje koje nije u skladu s ciljevima zaštite okoliša, dok je zelenom bojom obilježeno područje čije su vrijednosti u skladu s graničnim vrijednostima za PM<sub>10</sub> i PM<sub>2,5</sub>. [42]

U niže prikazanoj tablici naveden je broj dana kod kojih je došlo do prekoračenja granične vrijednosti kroz godinu dana, počevši od 2016. godine zaključno s 2018. godinom. Tako je prezentiran trend onečišćenja zraka na tom području kroz godine, koji je u ovom slučaju silazan.

Tablica 18. Broj dana prekoračenja 24-satne granične vrijednosti za PM<sub>10</sub> po godini.

2016.	2017.	2018.
2	1	0

## 8. RASPRAVA

Neživa priroda okružuje živu svakim danom, u vidu vodenih površina, tla te zraka kojeg udiše. Prilikom onečišćenja određenog resursa unutar ekosustava neizbježno dolazi do posljedica na sve zajednice živih bića koje tamo obitavaju. Stupanj u kojem će se te posljedice iskazati ovisi o više faktora, prvenstveno o otpornosti vrsta unutar ekosustava te njihovoj potrebi za resursom koji je zagađen.

Zrak kvalitete prve kategorije, odnosno čist ili neznatno onečišćen zrak danas predstavlja osnovno ljudsko pravo te ključ ispravnog funkcioniranja organizma. Kroz pregled utjecaja onečišćenja zraka na ljudski organizam prikazan je sistematski učinak zagađivala koji djeluju na sve sastavnice organizma i značajno, a ponekad i u kratkom vremenu, degradiraju zdravlje pojedinca.

Utvrđeno je da lebdeće čestice negativno djeluju na dišni sustav, kardiovaskularni sustav, reproduktivni sustav te slabe najveći ljudski organ i barijeru koja priječi ulazak mnogim zagađivalima, kožu. Smanjenjem veličine čestica raste njihova prodornost, pa tako ultra fine čestice promjera do 0,1  $\mu\text{m}$  lako prodiru do alveola te mogu migrirati dalje u stanično tkivo i opću cirkulaciju. [19]

Dakle, vidljivo je da izlaganje lebdećim česticama čak i pri niskim koncentracijama ima značajan utjecaj na ljudsko zdravlje. Radi sprječavanja negativnih utjecaja te minimaliziranja zdravstvenih rizika važno je djelotvorno upravljati kvalitetom zraka.

Navedeni rezultati prate koncentracije frakcija lebdećih čestica  $\text{PM}_{10}$  i  $\text{PM}_{2.5}$  s mjerne postaje Vela straža na Dugom otoku, lociranog unutar Zadarskog arhipelaga. Postaja Vela straža smještena je u naselju Žman, udaljenom svega oko 8 km od ulaska u PP Telašćica. Rezultati su preuzeti iz baze „Kvaliteta zraka u Republici Hrvatskoj“ dostupne na internetskim stranicama Hrvatske agencije za okoliš i prirodu.

Ocjena kvalitete zraka na području Hrvatske za razdoblje između 2011. i 2015. godine imala je za zadatak, među ostalim, i procijeniti postoji li potreba za povećanjem broja mjernih postaja i/ili parametara koji se mjere u određenoj zoni odnosno aglomeraciji. Procjena istog temelji se na gustoći naseljenosti te zone, zemljopisnim obilježjima prostora, podložnosti taloženju zagađivala usred prijenosa te drugim faktorima.

Za zonu HR 05, čiji je broj stanovnika iznosio 603 766 zaključeno je da broj mjernih mjesta zadovoljava potrebe i propisane kriterije. No, potrebno je naglasiti da uvjet „dovoljnog broja mjernih mjesta“ nije zadovoljen ukoliko kriterij obuhvata podataka mjerenja nije ispunjen. To je bio slučaj mjerne postaje Vela straža, gdje je u cijelom promatranom razdoblju obuhvat niži od 75 %. [37]

Na mjernoj postaji Vela straža za 2016. godinu vrijednosti dnevne koncentracije PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub> zabilježene su 328 dana (pokrivenost podataka 89,62 %). Najduži prekid mjerenja trajao je 27 dana. Dva dana u siječnju vrijednosti PM<sub>10</sub> su bile povišene, 71.63 µg/m<sup>3</sup> na datum 25. siječnja te 61.63 µg/m<sup>3</sup> na datum 26. siječnja. Srednja vrijednost PM<sub>10</sub> za navedenu godinu iznosi 9,7011 µg/m<sup>3</sup>, dok za PM<sub>2.5</sub> bilježi 8,6429 µg/m<sup>3</sup>. Maksimalna vrijednost PM<sub>2.5</sub> 2016. godine iznosila je 70,25 µg/m<sup>3</sup>, također na datum 25. siječnja. Prelazak preko granice vrijednosti od 25 µg/m<sup>3</sup> za PM<sub>2.5</sub> zabilježio se 8 puta.

Tijekom 2017. godine vrijednosti dnevne koncentracije PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub> dokumentirane su 332 dana (pokrivenost 89,86 %). Najduži prekid u mjerenju trajao je 21 dan. Maksimalna dnevna vrijednost koncentracije frakcije PM<sub>10</sub> izmjerena je na 46,924 µg/m<sup>3</sup> dok je srednja vrijednost zabilježena u iznosu od 11,407 µg/m<sup>3</sup>. Maksimalna vrijednost PM<sub>2.5</sub> za navedenu godinu iznosi 40,199 µg/m<sup>3</sup>, dok je srednja vrijednost bila 6,8511 µg/m<sup>3</sup>. Prelazak preko granice vrijednosti od 25 µg/m<sup>3</sup> za PM<sub>2.5</sub> zabilježio se 5 puta.

U 2018. godini, vrijednosti dnevne koncentracije PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub> mjerene su 305 dana te je pokrivenost podacima bila na 83,84 %. Najduži prekid u mjerenju trajao je 25 dana. Maksimalna dnevna vrijednost koncentracije PM<sub>10</sub> izmjerena je na 36,788 µg/m<sup>3</sup> dok je srednja vrijednost zabilježena u iznosu od 11,364 µg/m<sup>3</sup>. Maksimalna vrijednost PM<sub>2.5</sub> za navedenu godinu iznosi 30,97 µg/m<sup>3</sup>, dok je srednja vrijednost bila 8,9591 µg/m<sup>3</sup>. Prelazak preko granice vrijednosti od 25 µg/m<sup>3</sup> za PM<sub>2.5</sub> zabilježio se 5 puta.

Analizom maksimalnih i srednjih dnevnih koncentracija frakcija lebdećih čestica PM<sub>10</sub> i PM<sub>2.5</sub> s mjerne postaje Vela straža u razdoblju od 2016. – 2018. godine uočljivo je da iste rijetko ili nikada prelaze propisane granične vrijednosti. Razlozi tome svakako su mnogobrojni. Objašnjenje za isto može se pronaći u činjenici da na području Zadarske županije nema značajnih industrijskih postrojenja. Nakon



Domovinskog rata, na području županije industrija značajno opada, dio pogona u potpunosti prestaje s radom dok ostatak radi tek s frakcijom nekadašnjeg kapaciteta. Smatra se da zahvati provedeni u novije vrijeme ne utječu značajnije na kvalitetu zraka te ne emitiraju zagađivala u okoliš. Navedeno potvrđuje činjenica da obje mjerne postaje na području županije, Vela straža (Dugi otok) i Polača (Ravni kotari), mjere kvalitetu zraka prve kategorije. Ipak, određena negativna djelovanja zabilježena su od strane lokalnih kamenoloma, poput Sridnjaka u blizini naselja Bibinje. Viša koncentracija zagađivala unutar županije također se mjeri u blizini prometnica, međutim u ruralnim područjima kao što je Dugi otok ta pojava ne utječe značajno na zdravlje stanovništva budući da se radi o otvorenim prometnicama. Osim kamenoloma, prema Programu zaštite i poboljšanja kakvoće zraka na području Zadarske županije određena koncentracija frakcije lebdećih čestica PM<sub>10</sub> ispušta se od strane procesa u industriji metala, proizvodnje ulja i masti biljnog i životinjskog porijekla, u djelatnosti prerade polivinilklorida te u djelatnostima koje obuhvaćaju liječenje ljudi. [44]

Svakako, na području Dugog otoka proizvodnih pogona nema. Na otoku se mogu pronaći 5 hotela, svaki s 3 zvjezdice, te mnoštvo privatnih iznajmljivača smještaja. Usto, na otoku su izgrađena dva auto kampa. Svi hoteli i kampovi su locirani van granica PP Telašćica, kao i smještaji privatnih iznajmljivača. Unutar parka izgrađeno je svega par bungalova s osnovnim uvjetima za noćenje u koje se većim djelom smještaju istraživačke skupine znanstvenika koji proučavaju područje parka. [45]

Nautički turizam uspješno je razvijeno područje turizma na Dugom otoku. U naseljima Sali, Brbinj i Božava izgrađena su privezišta za prihvat brodova koja nude i izvor vode i struje. Izuzev u privezištima, brodovi se sidre i po raznim uvalama duž otoka, od kojih je jedna od najpoznatijih upravo uvala po kojoj je Park dobio ime – Telašćica. [45] Aktivnosti vezane uz ribolov unutar granica parka regulirane su Odlukom o rekreacijskom ribolovu koju je donijelo Upravno vijeće javne ustanove PP Telašćica. Regulacijama navedenim u dokumentu omogućava se adekvatna zaštita biljnog i životinjskog svijeta Parka te minimalizira onečišćenja okoliša, čiju uspješnost potvrđuje prva kategorija kvalitete zraka. [46]

Poput PP Telašćica, i ostali parkovi prirode u RH prate kvalitetu zraka mjernim postajama smještenim u okruženju lokaliteta. Na mjernim postajama se, među ostalim, mjeri i koncentracija lebdećih čestica te se putem podataka objavljenih na stranicama Zavoda za zaštitu okoliša i prirode Ministarstva zaštite

okoliša i energetike može vidjeti da je kvaliteta zraka na zaštićenim područjima poput parkova prirode na području RH gotovo u svim slučajevima u periodu od 2016. do 2018. godine bila prve kategorije.

## 9. ZAKLJUČAK

Tijekom promatranog razdoblja (2016.-2018.), granična vrijednost  $PM_{10}$  na mjernoj postaji Vela straža (Dugi otok) prekoračena je ukupno tri puta odnosno prosječno jedno prekoračenje godišnje.

Provedenom analizom može se zaključiti da je trend onečišćenja zraka na području PP Telašćica u padu, budući da tijekom zadnje analiziranje godine, 2018., granična vrijednost za  $PM_{10}$  nije prekoračena ni jedan put.

Usporedbom podataka o koncentracijama onečišćujućih tvari u zraku s mjernih postaja u blizini ostalih parkova prirode unutar RH može se zaključiti da zaštićena područja zbilja u većini pripadaju prvoj kategoriji kvalitete zraka, među kojima PP Telašćica svakako prednjači.

## 10. LITERATURA

1. Zakon o zaštiti prirode NN 80/13, 15/18, 14/19, 127/19.

Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/403/Zakon-o-za%C5%A1titi-prirode> (pristupljeno 29.04.2020.)

2. Javna ustanova „Park prirode Telašćica“. Zakonodavstvo.

Dostupno na: <http://pp-telascica.hr/zakonodavstvo/> (pristupljeno 29.04.2020.)

3. Javna ustanova „Park prirode Telašćica“. Park prirode Telašćica - Plan upravljanja 2012.-2020. 2012.

4. Javna ustanova Natura Histrica. Ekološka mreža.

Dostupno na: <http://www.natura-histrica.hr/hr/ekoloska-mreza> (pristupljeno 29.04.2020.)

5. European Commission. Natura 2000.

Dostupno na: [https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index\\_en.htm](https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/index_en.htm) (pristupljeno 29.04.2020.)

6. T. Sofilić, Zdravlje i okoliš, Sveučilište u Zagrebu, Metalurški fakultet, Sisak; 2015. str. 17-29.

7. Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije u Zagrebu. Zrak.

Dostupno na: [https://www.fkit.unizg.hr/\\_download/repository/Zrak.pdf](https://www.fkit.unizg.hr/_download/repository/Zrak.pdf) (pristupljeno 29.04.2020.).

8. Zakon o zaštiti zraka (NN 127/19)

Dostupno na: <https://www.zakon.hr/z/269/Zakon-o-za%C5%A1titi-zraka> (pristupljeno 29.04.2020.).

9. O. Boucher, Atmospheric Aerosols: Properties and Climate Impacts. Springer Netherlands; 2015. str. 12-15, 22-26, 234-249.

10. I. Colbeck i M. Lazaridis, Aerosol Science: Technology and Applications. John Wiley & Sons; 2014. str. 1-2.

11. J. H. Seinfeld, S. N. Pandis, Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate

Change, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey; 2006. str. 55-62.

12. S. Ramachandran, Atmospheric Aerosols: Characteristics and Radiative Effects, 1 edition. Boca Raton, FL: CRC Press; 2018. str. 15-23, 244.
13. Davidson C. I., Phalen R. F., Solomon P. A. Airborne Particulate Matter and Human Health: A Review. Aerosol Science and Technology; 2005. str. 737-747.
14. Barišić-Jaman A., Analiza mjerenih koncentracija lebdećih čestica (PM<sub>2,5</sub> i PM<sub>10</sub>) u zaštićenim područjima Hrvatske. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek 2016.
15. Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12).  
Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012\\_10\\_117\\_2521.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_10_117_2521.html)  
(pristupljeno 29.04.2020.)
16. D. J. Jacob, Introduction to Atmospheric Chemistry. Princeton University Press; 1999. str. 144.
17. S. Kumar Prajapati, Ecological effect of airborne particulate matter on plants. Environmental Skeptics and Critics; 2012. str. 13-16.
18. Janhall S. Review on urban vegetation and particle air pollution - Deposition and dispersion. Atmospheric Environment; 2015. str. 134-137.
19. Kima K., Kabir E., Kabir S. A review on the human health impact of airborne particulate matter. Environment International. 2015; 138-140.
20. Colbeck I., Lazaridis M. Aerosols and environmental pollution. Naturwissenschaften; 2010. str. 126-127.
21. An Z., Jin Y., Li J., Li W., Wu W. Impact of Particulate Air Pollution on Cardiovascular Health. Current Allergy and Asthma Reports. 2018; 3-4.
22. Valavanidis A., Fiotakis K., Vlachogianni T. Airborne Particulate Matter and Human Health: Toxicological Assessment and Importance of Size and Composition of Particles for Oxidative Damage and Carcinogenic Mechanisms. Journal of Environmental Science and Health. 2008; 385.
23. Valavanidis A., Vlachogianni T., Fiotakis K., Loridas S. Pulmonary Oxidative Stress, Inflammation and Cancer: Respirable Particulate Matter, Fibrous Dusts and Ozone as Major

- Causes of Lung Carcinogenesis through Reactive Oxygen Species Mechanisms. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2013; 3897.
24. Pan T., Wang P., Aljuffali I. A., Huang C., Lee C., Fang J. The impact of urban particulate pollution on skin barrier function and the subsequent drug absorption. Journal of Dermatological Science. 2015; 9.
  25. Lewtas J. Air pollution combustion emissions: Characterization of causative agents and mechanisms associated with cancer, reproductive, and cardiovascular effects. Elsevier B.V.; 2007. str. 120.
  26. Tong H. Dietary and Pharmacological Intervention to Mitigate the Cardiopulmonary Effects of Air Pollution Toxicity. BBA - General Subjects; 2016. str. 5-6.
  27. Kannan S., Misra D. P., Dvonch J. T., Krishnakumar A. Exposures to Airborne Particulate Matter and Adverse Perinatal Outcomes: A Biologically Plausible Mechanistic Framework for Exploring Potential Effect Modification by Nutrition. Environmental Health Perspectives; 2006. str. 1639-1640.
  28. Zavod za javno zdravstvo Brodsko-posavske županije. Onečišćenje zraka. Dostupno na: [http://www.zzjzbpz.hr/images/stories/oneciscenje\\_zraka.pdf](http://www.zzjzbpz.hr/images/stories/oneciscenje_zraka.pdf) (pristupljeno 29.04.2020.)
  29. Zavod za javno zdravstvo Brodsko-posavske županije. Studija procjene mogućeg utjecaja ekoloških čimbenika na zdravstveno stanje stanovništva Brodsko-posavske županije. Dostupno na: <http://zzjzbpz.hr/images/studije/STUDIJA-PROCJENE-2015.pdf> (pristupljeno 29.04.2020.)
  30. World Health Organization. Ambient air pollution. Dostupno na: [https://www.who.int/gho/phe/outdoor\\_air\\_pollution/en/](https://www.who.int/gho/phe/outdoor_air_pollution/en/) (pristupljeno 29.04.2020.)
  31. Središnji državni portal. Kvaliteta zraka. Dostupno na: <https://gov.hr/moja-uprava/stanovanje-i-okolis/briga-o-okolisu/kvalitetazraka/488> (pristupljeno 29.04.2020.)
  32. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike. Kvaliteta zraka.

Dostupno na: <https://mzoe.gov.hr/o-ministarstvu-1065/djelokrug-4925/okolis/zrak/kvaliteta-zraka/1310> (pristupljeno 29.04.2020.)

33. Uredba o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Republike Hrvatske.

Dostupno na: [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2014\\_01\\_1\\_24.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2014_01_1_24.html) (pristupljeno 29.04.2020.)

34. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. Postaja VELA STRAŽA (Dugi otok).

Dostupno na: <http://iszz.azo.hr/iskzl/postaja.html?id=260> (pristupljeno 29.04.2020.)

35. Državni hidrometeorološki zavod. Podaci o postaji.

Dostupno na: [http://meteo.hr/kvaliteta\\_zraka.php?section=podaci\\_kz&post=Vela%20stra%C5%BEa%20\(Dugi%20otok\)&id\\_komp=302&komp=lebdece%20\(%3C1um\)](http://meteo.hr/kvaliteta_zraka.php?section=podaci_kz&post=Vela%20stra%C5%BEa%20(Dugi%20otok)&id_komp=302&komp=lebdece%20(%3C1um)) (pristupljeno 29.04.2020.)

36. GRIMM Aerosol Technik Ainring GmbH & Co. KG. Model EDM180.

Dostupno na: <https://www.grimm-aerosol.com/products-en/environmental-dust-monitoring/approved-pm-monitor/edm180/> (pristupljeno 29.04.2020.)

37. Vidič S., Džaja Grgičin V., Brzoja D., Brzaj S., Ćurkov D., Suhin J., et al. Ocjena kvalitete zraka na području Hrvatske 2011.-2015. Državni hidrometeorološki zavod. Zagreb, 2019.

38. Kraljević L. Izvješće o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2016. godini. Državni hidrometeorološki zavod. Zagreb, 2017.

39. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2016. godinu. Zagreb, 2017.

40. Mihajlović D., Rupčić M. Izvješće o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2017. godini. Državni hidrometeorološki zavod. Zagreb, 2018.

41. Pejaković D. Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2017. godinu. Hrvatska agencija za okoliš i prirodu. Zagreb, 2018.

42. Mihajlović D., Rupčić M. Izvješće o praćenju kvalitete zraka na postajama državne mreže za trajno praćenje kvalitete zraka u 2018. godini. Državni hidrometeorološki zavod. Zagreb, 2019.

43. Vađić V., Hercog P., Baček I. Izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2018. godinu. 2017.
44. Babić D., Golja G., Le Cunff J. Program zaštite i poboljšanja kakvoće zraka Zadarske županije. Zadarska županija; 2011.
- Dostupno na: <https://www.zadarska-zupanija.hr/images/dokumenti/Program%20zastite%20i%20poboljsanja%20kakvoce%20zraka%20na%20podrucju%20Zadarske%20zupanije.pdf> (pristupljeno 29.04.2020.)
45. Turistička zajednica Dugi otok. Ponuda i aktivnosti.
- Dostupno na: <http://www.dugiotok.hr/> (pristupljeno 29.04.2020.)
46. Javna ustanova „Park prirode Telašćica“. Odluka o rekreacijskom ribolovu u Parku prirode Telašćica. 2018.
- Dostupno na: <http://pp-telascica.hr/wp-content/uploads/2019/01/Potpisana-odluka-o-rekreacijskom-ribolovu.pdf> (pristupljeno 29.04.2020.)
47. Posejpal B. Lonjsko polje – Kvaliteta tla, vode i zraka. Veleučilište u Karlovcu, Karlovac 2015.



## POPIS SKRAĆENICA I AKRONIMA

NN - Narodne novine

NP – nacionalni park

PP – park prirode

km – kilometara

d.o.o. - Društvo s ograničenom odgovornošću

RH – Republika Hrvatska

EU – Europska unija

mm – milimetar

GV – granična vrijednost

SO<sub>2</sub> – sumporov dioksid

NO<sub>x</sub> – dušikovi oksidi

CO – ugljikov monoksid

NH<sub>3</sub> – amonijak

PM – particulate matter, lebdeća čestica

PAU – policiklički aromatski ugljikovodici

TM – teški metali

m – metar

μm – mikrometar

nm – nanometar

pH – lat. potentia hydrogenii

UV – ultraljubičasto, eng. ultraviolet

ROS – reactive oxygen species, reaktivni oblici kisika

DNA – deoksiribonukleinska kiselina

SZO – Svjetska zdravstvena organizacija

US-EPA – United States Environmental Protection Agency

UK-MCERTS – Environment Agency of England & Wales Monitoring Certification Scheme

CN-CMA – China Metrology Certification

NO<sub>2</sub> – dušikov dioksid

N - broj podataka

OP - obuhvat podataka

C - srednja koncentracija

C<sub>M</sub> - najveća koncentracija

C<sub>50</sub> - medijan koncentracije

C<sub>98</sub> - 98. percentil koncentracije u promatranom razdoblju

DPP - donji prag procjenjivanja

GPP - gornji prag procjenjivanja

O<sub>3</sub> – prizemni ozon

C<sub>6</sub>H<sub>6</sub> - benzen

Cl - klor

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> – sulfat

Ca – kalcij

K – kalij

Mg – magnezij

Na – natrij

EC – elemental carbon, elementarni ugljik

OC – organic carbon, organski ugljik

d.d. – dioničko društvo

## ŽIVOTOPIS

Dora Arbanas rođena je u Zadru, 12.08.1995. godine. Osnovnu školu „Šime Budinića“ upisuje i završava u Zadru. Medicinsku školu „Ante Kuzmanića“, smjer sanitarni tehničar, upisuje 2010. godine te završava 2014 godine.

Po završetku srednje škole upisuje studij Sanitarnog inženjerstva na Zdravstvenom veleučilištu Zagreb. Akademski naziv baccalaureus sanitarnog inženjerstva stječe 2018. godine, obranom završnog rada na temu „Analiza znanja o spolno prenosivim bolestima studenata Zdravstvenog veleučilišta“ pod vodstvom mentorice dr.sc. Ane Mojsović Čuić.

Akadske godine 2018./2019. upisuje diplomski sveučilišni studij Sanitarnog inženjerstva pri Medicinskom fakultetu u Rijeci.

OIB: 99894783756