

Utjecaj Centra za gospodarenje otpadom Mariščina na koncentraciju lebdećih čestica različitih frakcija

Kurelić, Deni

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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:184:642806>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U RIJECI
MEDICINSKI FAKULTET
DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ
SANITARNOG INŽENJERSTVA

Deni Kurelić

UTJECAJ CENTRA ZA GOSPODARENJE OTPADOM MARIŠĆINA NA
KONCENTRACIJU LEBDEĆIH ČESTICA RAZLIČITIH FRAKCIJA

Diplomski rad

Rijeka, 2022.

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

Diplomski rad obranjen je dana 20.9.2022. na Medicinskom fakultetu Sveučilišta u Rijeci,
pred povjerenstvom u sastavu:

1. Doc. dr. sc. Sandra Pavičić-Žeželj, dipl. sanit. ing.
2. Izv. prof. dr. sc. Aleksandar Bulog, mag. sanit. ing.
3. Doc. dr. sc. Željko Linšak, dipl. sanit. ing.

Rad sadrži 40 stranica, 17 slika, 3 tablice, 30 literaturnih navoda.

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Zemljina atmosfera	1
1.2. Onečišćenje zraka	3
1.2.1. Atmosferski polutanti.....	4
1.2.2. Praćenje kvalitete zraka	5
1.2.3. Izvori onečišćivanja zraka.....	5
1.2.4. Kategorije kvalitete zraka	6
1.3. Lebdeće čestice.....	6
1.3.1. Fizikalne i kemijske karakteristike lebdećih čestica	6
1.3.2. Formiranje lebdećih čestica u gradskom zraku.....	7
1.3.3. Zdravstveni učinci lebdećih čestica	7
1.3.4. Epidemiološka istraživanja utjecaja lebdećih čestica na ljudsko zdravlje.....	8
1.4. Gospodarenje otpadom	9
1.4.1. Komunalni otpad.....	9
1.4.2. Industrijski otpad	10
1.4.3. Bolnički otpad	10
1.4.4. Šljaka i pepeo iz spalionica otpada	10
1.4.5. Red prvenstva gospodarenja otpadom	10
1.4.6. Zbrinjavanje otpada	11
1.4.7. Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2022. godine.....	12
1.5. Centar za gospodarenje otpadom Marišćina.....	13
1.5.1. Lokacija.....	14
1.5.2. Obujam rada.....	15
1.5.3. Princip rada	15
1.5.4. Tok komunalnog otpada unutar CGO Marišćina.....	16
1.5.5. Infrastruktura CGO Marišćina	17
1.6. Odlagališni plinovi	18
2. Materijali i postupci	19
2.1. Cilj rada	19
2.2. Prikupljanje i obrada podataka	19
2.3. Mjerenje koncentracija lebdećih čestica PM _{2,5} i PM ₁₀	19
3. Rezultati	22

3.1. Zbirni rezultati promatranih frakcija lebdećih čestica na mjernoj postaji Marišćina tijekom 2021. godine	22
3.2. Koncentracije PM ₁₀ na AP Marišćina tijekom 2021. godine	23
3.2.1. Srednje mjesečne 24-satne koncentracije PM ₁₀	23
3.2.2. Maksimalne vrijednosti srednje 24-satne koncentracije PM ₁₀ po mjesecima	24
3.2.3. Srednje mjesečne 1-satne koncentracije PM ₁₀ frakcije lebdećih čestica	25
3.2.4. Maksimalne vrijednosti srednje 1-satne koncentracije PM ₁₀ po mjesecima	25
3.3. Koncentracije PM _{2.5} na mjernoj postaji Marišćina tijekom 2021. godine	26
3.3.1. Srednje mjesečne 24-satne koncentracije PM _{2.5}	26
3.3.2. Maksimalne vrijednosti srednje 24-satne koncentracije PM _{2.5} po mjesecima	27
3.3.3. Srednje mjesečne 1-satne koncentracije PM _{2.5}	28
3.3.4. Maksimalne vrijednosti srednje 1-satne koncentracije PM _{2.5} po mjesecima.....	29
4. Rasprava	31
5. Zaključak.....	35
6. Literatura	36
7. Popis skraćenica i akronima.....	39
8. Životopis.....	40

SAŽETAK

Lebdeće čestice (eng. particulate matter, PM) obuhvaćaju veliki raspon tvari različitog kemijskog sastava i veličina koje se prenose zrakom u obliku čvrstih ili tekućih frakcija. U okolišni zrak dospijevaju prirodnim procesima ili ljudskom aktivnošću (npr. požari, izgaranje fosilnih goriva). Tijekom proteklih nekoliko desetljeća obraća se veća pažnja zdravstvenim aspektima povećanih koncentracija lebdećih čestica različitih frakcija u atmosferskom zraku. Ustanovljena je povezanost lebdećih čestica s preranom smrću, pogoršavanjem astme, smanjenom funkcijom pluća te kardiovaskularnim bolestima. Lebdeće čestice dijele se na dvije glavne frakcije na temelju aerodinamičkog promjera: PM_{10} i $PM_{2,5}$. Čestice većeg promjera (PM_{10}) imaju tendenciju zadržavanja u plućima, dok $PM_{2,5}$ mogu prodrijeti kroz plućnu barijeru, ući u krvotok i uzrokovati kardiovaskularna oboljenja. Centri za gospodarenje otpadom (CGO) zamišljeni su na način da smanje emisiju deponijskih plinova u atmosferski zrak. CGO Marišćina prvi je izgrađeni Centar u Republici Hrvatskoj i predstavlja centralnu figuru cjelovitog sustava gospodarenja otpadom u Primorsko-goranskoj županiji. Cilj rada bio je ispitati utjecaj CGO Marišćine na koncentraciju lebdećih čestica različitih frakcija te utvrditi kvalitetu zraka u okolini Centra. Ustanovljeno je da utjecaj CGO Marišćina na koncentraciju lebdećih čestica tijekom 2021. godine nije bio značajan, nisu prekoračene zakonski propisane vrijednosti koncentracija PM_{10} i $PM_{2,5}$, a kvaliteta zraka u okolini Centra se na temelju izmjerenih vrijednosti koncentracija lebdećih čestica svrstava u prvu kategoriju. Iako nije utvrđen značajniji utjecaj CGO Marišćina na kvalitetu zraka u 2021. godini, kontinuirano praćenje polutanata u zraku nužno je za pravovremenu reakciju u slučaju onečišćenja.

- ključne riječi: $PM_{2,5}$; PM_{10} ; Marišćina; utjecaj

SUMMARY

Particulate matter (PM) include a wide range of substances of different chemical composition and sizes that are carried by air in the form of solid or liquid fractions. PM reach ambient air through natural processes or human activity (e.g. fire, burning of fossil fuels). Over the past few decades, more attention is focussed to the health aspects of increased concentrations of PM in the ambient air. The association of PM with premature death, exacerbation of asthma, reduced lung function and cardiovascular diseases has been established. PM are divided into two main fractions based on aerodynamic diameter: PM₁₀ and PM_{2,5}. Particles with a larger diameter (PM₁₀) tend to stay in the lungs, while PM_{2,5} can penetrate the lung barrier, enter the blood stream and cause cardiovascular diseases. Waste Management Centers (WMC) are designed to reduce the emission of landfill gases into the atmosphere. WMC Marišćina is the first Center built in the Republic of Croatia and represents the central figure of the integral waste management system in the Primorsko-goranska County. The aim of this scientific Paper was to examine the influence of WMC Marišćina on the concentration of particulate matter in diverse fractions and to determine the air quality in the surroundings of the Center. It was established that the impact of WMC Marišćina on the concentration of particulate matter during 2021 was not significant, the legally prescribed values of PM₁₀ and PM_{2,5} concentrations were not exceeded. Based on the measured values of the concentration of particulate matter, air quality in the surroundings of the Center is classified in the first category. Although no significant impact of WMC Marišćina on air quality in 2021 has been determined, continuous monitoring of pollutants in the air is necessary for a timely reaction in case of pollution.

- keywords: PM_{2,5}; PM₁₀; Marišćina; impact

1.Uvod

Odlagališta otpada su prostori koji često odišu neugodnim mirisima, neprivlačnog su izgleda, a predstavljaju i opasnost od potencijalnog samozapaljenja i požara kao posljedice razvoja odlagališnih plinova. Ukoliko se ne vodi adekvatna briga o otpadnim vodama (produktu postrojenja ili padalina) mogu uzrokovati kontaminaciju podzemnih izvora pitke vode. Osim realne opasnosti za okoliš, produkti kemijskih i bioloških reakcija na prostoru odlagališta mogu negativno djelovati na ljudsko zdravlje. Kvaliteta zraka u okružju odlagališta aktualna je tema u domeni zaštite okoliša proteklih nekoliko desetljeća.

Planom gospodarenja otpadom u Republici Hrvatskoj za razdoblje od 2007. do 2015. godine (NN 85/07, 31/11) usvojenim 19. srpnja 2007. godine, Vlada Republike Hrvatske (VRH) predstavila je ideju cjelovitog sustava gospodarenja otpadom. Ključnim faktorom u uspostavi takvog sustava gospodarenja otpadom istaknuti su Centri za gospodarenje otpadom (CGO). Plan je uključivao izgradnju 11 Centara širom Republike Hrvatske (RH) čime bi se omogućio prelazak s decentraliziranog sustava odlaganja neobrađenog otpada na centralizirani sustav gospodarenja otpadom. Centri su zamišljeni kao skup više funkcionalno povezanih postrojenja za prikupljanje i obradu komunalnog i industrijskog otpada. Cilj takvih postrojenja jest da se zaostala količina neiskoristivog otpada na kraju procesa obrade svede na minimum inertnog otpada pogodnog za odlaganje. Centri nedvojbeno vode ka smanjivanju emisije deponijskih plinova u okoliš te energetskej uporabi prikupljenog otpada, no svakako ne isključuju emitiranje određenih količina atmosferskih polutanata u okoliš. Među emitiranim česticama i plinovima, zabilježene su i lebdeće čestice (engl. *Particulate Matter*, PM) i/ili prekursori lebdećih čestica različitog sastava i veličina s potencijalno negativnim učinkom na ljudsko zdravlje i kvalitetu okoliša.

1.1. Zemljina atmosfera

Riječ „atmosfera“ potječe od starogrčkih riječi „atmos“ – para, maglica, dah; te „sfaira“ – sfera. Osnovna podjela atmosfere bazira se na temperaturnim prilikama u pojedinim slojevima od kojih je sastavljena. Najniža regija je troposfera u kojoj temperatura opada s porastom nadmorske visine, a proteže se do visine od otprilike 15 km. Gornja granica troposfere naziva se tropopauza (22,23).

Iznad troposfere nalazi se stratosfera, vrlo stabilno područje u kojemu je porast temperature povezan s porastom visine. U stratosferi, interakcije sa sunčevim zračenjem imaju izrazitu

važnost; molekule prisutne u sloju stratosfere (npr. ozon) apsorbiraju štetno ultraljubičasto zračenje. U nastavku, iznad stratosfere nalazi se mezosfera koja se proteže do otprilike 85 km visine, a na koju se veže idući sloj – termosfera. Mezosferu i termosferu karakterizira vertikalni toplinski gradijent. Najudaljeniji sloj atmosfere je egzosfera. Plinovi koji dominiraju egzosferom su vodik i helij, ali u vrlo malim koncentracijama, zrak je iznimno rijedak i hladan (23).



Slika 1. Slojevi Zemljine atmosfere

Izvor: <https://www.dreamstime.com/stock-images-earth-s-atmosphere-layers-image22603834>

Zemljina atmosfera sastoji se od velikog broja plinova koji imaju stalne prosječne omjere. Prosječna molarna masa suhog zraka je zbroj svih volumnih i molarnih masa njegovih glavnih komponenti:

- dušik : 78,1%
- kisik : 20,9%
- argon : 0,93%.

Ostatak postojećih plinova u zraku, koji su prisutni u nezamjetnim količinama, nazivamo plinovi u tragovima. Koncentracija navedenih plinova izražava se u dijelu na milijun (eng. *parts per million*, ppm):

- ugljičkov dioksid: 370 ppm
- neon: 18 ppm
- vodik: 0,53 ppm (6,7).

Atmosfera uključuje i brojne tvari koje su podložne značajnom variranju u koncentracijama, ovisno o okolišnim uvjetima i ljudskoj djelatnosti:

- sumporov dioksid (SO₂) – javlja se kao posljedica vulkanske aktivnosti, ili se formira kao produkt oksidacije dimetil sulfida otpuštenog iz oceana (fitoplanktoni).
- dušikovi oksidi (NO_x) – produkti svih vrsta izgaranja
- dušikov (IV) oksid (NO₂) – emitira se u atmosferu iz tla (posljedica bakterijske denitrifikacije)
- amonijak (NH₃) – otpušta se iz animalnih ostataka
- ozon (O₃) – formira se u stratosferi, pod utjecajem UV zračenja na kisik u stratosferi; može se pronaći i u troposferi (difuzija iz stratosfere)
- hlapljivi organski spojevi (VOCs, eng. volatile organic compounds) – emitiraju se u atmosferu iz raznih biljnih izvora

U atmosferskom zraku nalazi se i zamjetna količina vodene pare koja čini oko 0,1% atmosfere. Topliji zrak obično sadrži više vodene pare od hladnijeg zraka (6,7).

Na sastav zraka utječe i godišnje doba. Primjerice, zimi je pojačana potrošnja fosilnih goriva, nafte ili zemnog plina u svrhu grijanja stambenih prostora, u zrak se ispušta veliki broj čestica koje nisu sagorjele. Koliko će takvih čestica biti prisutno u zraku ovisi i o tlaku zraka te količini vlage u zraku. Visoki tlak zraka i manja količina vlage pogodovat će većoj količini čestica u zraku (6).

1.2. Onečišćenje zraka

Onečišćenje zraka jedan je od najvećih ekoloških rizika za zdravlje ljudi i kvalitetu okoliša. Onečišćenje je definirano kao unošenje stranih tvari u okoliš od strane čovjeka, a koje može predstavljati opasnost za ljudsko zdravlje i ekološke sustave. Zagađenje okoliša koje je izazvao čovjek je onečišćenje iz antropogenih izvora, a od životinja ili biljaka je onečišćenje iz biogenih izvora. Smanjenjem razine onečišćenja zraka, zemlje mogu smanjiti teret bolesti od moždanog udara, bolesti srca, raka, pluća, te kroničnih i akutnih respiratornih bolesti, uključujući i astmu (6).

Zakonom o zaštiti zraka (NN 127/19, 57/22) određena je nadležnost i odgovornost za zaštitu zraka, praćenje i procjenjivanje kvalitete zraka, mjere za sprječavanje i smanjivanje onečišćavanja zraka, izvještavanje o kvaliteti zraka, upravni i inspekcijski nadzor unutar granica RH. Definiran je kao temeljni dokument hrvatskog zakonodavstva iz domene zaštite zraka, a iz ovog Zakona proizlaze i svi ostali podzakonski akti. Za potrebe ovog rada ključno je navesti *Pravilnik o praćenju kvalitete zraka* (NN 72/20) i *Uredbu o razinama onečišćujućih tvari u zraku* (NN 77/20) koja propisuje granične vrijednosti (GV) i ciljne vrijednosti (CV) za pojedine onečišćujuće tvari u zraku (8, 18).

Granična vrijednost (GV) je razina onečišćenosti koju treba postići u zadanom razdoblju ispod koje, na temelju znanstvenih spoznaja, ne postoji ili je najmanji mogući rizik od štetnih učinaka na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cjelini i jednom kada je postignuta, ne smije se prekoračiti. Ciljna vrijednost (CV) je razina onečišćenosti određena radi izbjegavanja, sprječavanja ili umanjivanja štetnih učinaka na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cjelini koju treba, ako je to moguće, dostići u zadanom razdoblju (8).

1.2.1. Atmosferski polutanti

Atmosferski polutanti javljaju se kao posljedica prirodnih procesa u okolišu i/ili ljudskih djelatnosti (npr. poljoprivredna djelatnost, industrijska proizvodnja, fosilna goriva). Skupina onečišćivača koji imaju potencijalno negativne učinke na ljudsko zdravlje uključuje:

- lebdeće čestice (PM_{2,5}, PM₁₀)
- ugljkov monoksid
- ozon
- dušikov dioksid
- sumporov dioksid.

Istraživanja kvalitete zraka na globalnoj razini ukazuju da gotovo cjelokupno svjetsko stanovništvo svakodnevno udiše zrak koji sadrži visoke razine onečišćujućih tvari, poglavito se to odnosi na zemlje s niskim i srednjih dohotkom (5, 6).

Kvaliteta zraka usko je povezana i s klimatskim promjenama u pojedinom kutku Zemlje (npr. pojava stakleničkih plinova). Stoga, mnoge zemlje razvijaju strategije u korist smanjenja onečišćenja okolišnog zraka, posljedično smanjujući mogućnost oboljenja povezanih sa zagađenjem okoliša, kao i doprinoseći dugoročnom ublažavanju klimatskih promjena (5).

1.2.2. Praćenje kvalitete zraka

Praćenje kvalitete okolišnog zraka temelji se na redovnom praćenju koncentracija onečišćivača (polutanata) u zraku. Svjetska zdravstvena organizacija (SZO) iznijela je smjernice za monitoring onečišćivača zraka kao što su: PM_{2,5}, PM₁₀, ozon, dušikov dioksid, sumporov dioksid i ugljikov monoksid. U nastavku, obrazložena je važnost održavanja zadovoljavajućih razina polutanata u okolišnom zraku kako se ne bi ugrozilo ljudsko zdravlje (21).

Tablica 1. Preporučene granične vrijednosti SZO za kvalitetu zraka iz 2021.g. u usporedbi s dosadašnjim preporučenim graničnim vrijednostima iz 2005.g.

Polutant	Vrijeme usrednjavanja	Preporučene granične vrijednosti 2005	Preporučene granične vrijednosti 2021
PM _{2,5} , µg/m ³	godina	10	5
	24 sata ^a	25	15
PM ₁₀ , µg/m ³	godina	20	15
	24 sata ^a	50	45
O ₃ , µg/m ³	Vrh sezone ^b	-	60
	8 sati ^a	100	100
NO ₂ , µg/m ³	godina	40	10
	24 sata ^a	-	25
SO ₂ , µg/m ³	24 sata ^a	20	40
CO, mg/m ³	24 sata ^a	-	4

Izvor:

https://meteo.hr/objave_najave_natjecaji.php?section=onn¶m=objave&el=priopcenja&daj=pr22092021

1.2.3. Izvori onečišćivanja zraka

Izvori onečišćivanja zraka dijele se na: nepokretne i pokretne izvore.

Nepokretni izvori su:

- točkasti (onečišćujuće tvari ispuštaju u zrak kroz za to oblikovane ispuste - postrojenja, tehnološki procesi, industrijski pogoni i slično).

- difuzni (onečišćujuće tvari unose u zrak bez određena ispusta - uređaji, određene aktivnosti, površine i druga mjesta).

Pokretni izvori su prijevozna sredstva koja ispuštaju onečišćujuće tvari u zrak: motorna vozila, necestovni pokretni strojevi, željeznička vozila s vlastitim pogonom, plovni objekti i zrakoplovi (8).

1.2.4. Kategorije kvalitete zraka

Zakonom o zaštiti zraka (NN 127/19, 57/22) određene su kategorije kvalitete zraka prema razinama onečišćenosti. Kategorije su bazirane na propisanim graničnim vrijednostima (GV), ciljnim vrijednostima (CV) i ciljnim vrijednostima za prizemni ozon:

- prva kategorija kvalitete zraka: čist ili neznatno onečišćen zrak; nisu prekoračene granične vrijednosti (GV), ciljne vrijednosti (CV) i ciljne vrijednosti za prizemni ozon
- druga kategorija kvalitete zraka: onečišćen zrak; prekoračene su granične vrijednosti (GV), ciljne vrijednosti (CV) i ciljne vrijednosti za prizemni ozon (8).

1.3. Lebdeće čestice

Lebdeće čestice (eng. *Particulate Matter*, PM) obuhvaćaju veliki raspon tvari različitog kemijskog sastava i veličina koje se prenose zrakom u obliku čvrstih ili tekućih frakcija. Podrijetlo ovog tipa čestica u okolišu mogu biti prirodni procesi ili ljudska aktivnost (npr. požari, poljoprivredna djelatnost, izgaranje fosilnih goriva, industrijska proizvodnja). PM se mogu emitirati direktno iz navedenih izvora, ili formirati iz plinovitih prekursora prisutnih u atmosferi, kao što su sumporovi i dušikovi oksidi, te hlapljivi organski spojevi (4).

1.3.1. Fizikalne i kemijske karakteristike lebdećih čestica

Karakteristika lebdećih čestica jest da mogu sadržavati teške metale, kiseline, biogene materijale i veliki izbor drugih organskih tvari. Iako su klasificirane prema veličini u regulatorne svrhe, druge fizikalne i kemijske karakteristike mogu biti relevantne za ljudsko zdravlje. Sastav PM-a razlikuje se prema geografskom području i može varirati ovisno o godišnjem dobu, izvoru i meteorologiji. Prema SZO, PM se ubrajaju u uobičajene indikatore za

onečišćenje zraka (uz ozon, dušikov dioksid i sumporov dioksid). Glavne komponente lebdećih čestica su: sulfati, nitrati, amonijak, crni ugljik, natrijev klorid, mineralna prašina i voda (4, 17).

Grube lebdeće čestice su čestice aerodinamičkog promjera od 2,5 do 10 μm (PM_{10}) uglavnom se zadržavaju duboko u plućima nakon udisanja. Čestice aerodinamičkog promjera 2,5 μm i manje ($\text{PM}_{2,5}$) svrstavaju se u skupinu finih lebdećih čestica, a imaju sposobnost prodiranja kroz plućnu barijeru i ulaska u krvožilni sustav. Kronična izloženost lebdećim česticama pridonosi povećanom riziku od razvoja kardiovaskularnih bolesti, kao i raka pluća ili kronično opstruktivne bolesti pluća. Teži oblici respiratornih i kardiovaskularnih oboljenja javljaju se uglavnom kod dojenčadi i djece te odraslih koji su prethodno patili od srčanih bolesti ili bolesti pluća i dišnih putova (4,5).

1.3.2. Formiranje lebdećih čestica u gradskom zraku

Lebdeće čestice i drugi polutanti u gradskom zraku imaju zajedničke izvore i ponašaju se kao složena smjesa čestica. Sumporov dioksid i lebdeće čestice nastaju izgaranjem goriva koja sadrže sumpor, te izgaranjem ugljena. Toplina izgaranja stvara sumporne okside koji mogu pridonijeti potencijalnom stvaranju PM-a. Hlapljivi organski spojevi su ključni prekursor troposferskog ozona (smoga), a koji je važan dio polutanata u gradskom zraku. Dušikovi i sumporovi oksidi također doprinose stvaranju PM-a, no imaju mogućnost i neovisno uzrokovati štetne zdravstvene učinke pri dovoljno visokim koncentracijama u okolišnom zraku (17).

1.3.3. Zdravstveni učinci lebdećih čestica

U proteklih nekoliko dekada obraća se veća pažnja na zdravstvene aspekte povećanih koncentracija lebdećih čestica različitih frakcija u atmosferskom zraku. Ustanovljena je povezanost lebdećih čestica s preranom smrti, pogoršavanjem astme i drugih bolesti dišnog sustava, te smanjenom funkcijom pluća. Onečišćenje malim česticama ima utjecaj na zdravlje čak i pri vrlo malim koncentracijama, odnosno nije identificiran prag ispod kojeg se ne uočava šteta po zdravlje (4,5).

Negativan utjecaj na pluća povezan je sa staničnim oštećenjima i izazivanjem upalnih procesa putem reaktivnih kisikovih spojeva (ROS) koji potječu od PM-a ili nastaju stimulacijom stanica od strane PM-a. Nedavna istraživanja ukazuju da je dugotrajni boravak u gustom prometu povezan s povećanim razinama specifičnih biomarkera za oksidativno oštećenje DNK, a

mjerenja u prometu su dokazala povećanu koncentraciju PM_{2,5}, te policikličkih aromatskih ugljikovodika. Nadalje, nedavna *in vitro* istraživanja ukazuju na povezanost PM_{2,5} čestica i upalnih procesa ili ozljeda na plućima, dok isti učinak nije zamijećen s lebdećim česticama većeg promjera. Postoje naznake da lebdeće čestice imaju i sposobnost reproduktivne toksičnosti, no potrebna su daljnja istraživanja da bi se dokazala istinitost tvrdnje (19,20).

1.3.4. Epidemiološka istraživanja utjecaja lebdećih čestica na ljudsko zdravlje

S obzirom da lebdeće čestice pokazuju sezonsko ponašanje sličan fenomen zamijećen je i kod kardiovaskularnog mortaliteta. Istraživanjem sličnosti navedenih parametara u dubinskoj analizi vremenskih serija može se procijeniti povezanost povećanih koncentracija lebdećih čestica u okolišnom zraku i kardiovaskularnog mortaliteta. Međutim na studije analiza vremenskih serija mogu utjecati sezonske epidemije (npr. gripa) ili temperatura zraka, koje variraju, a povezane su s onečišćenjem i utjecajem na zdravlje. Primjerice, u nekim regijama koncentracije lebdećih čestica dostižu vrhunac tijekom zimskih mjeseci, kao i pojava respiratornih oboljenja (npr. gripa). Također, dodatna ograničenja ovakvih istraživanja jesu parametri kao što je pušenje; ne varira u kratkoročnim vremenskim okvirima i nije povezano s onečišćenjem zraka, a ima značajan utjecaj na zdravlje. Regresijski modeli koriste se u analizi vremenskih serija za procjenu povećanja rizika od smrtnosti povezane s kratkoročnim povećanjem razine onečišćenja okoliša (17).

Opažajna istraživanja utjecaja lebdećih čestica na ljudsko zdravlje svode se na usporedbu zdravstvenih ishoda u prostoru i/ili vremenu među mjestima s različitim razinama onečišćenja zraka. Jedan izazov takvih studija je da ljudi koji žive na zagađenijim mjestima često imaju različite početne razine zdravlja (npr. zbog razlika u stopi pušenja, prehrani ili socio-ekonomskom statusu) od razine zdravlja kod ljudi koji žive u manjoj mjeri zagađenim mjestima. Drugi izazov navedenih studija je da mogu postojati lokacijske determinante zdravlja (npr. kvaliteta bolnice ili onečišćenje vode) koje se razlikuju po mjestima i koreliraju s razinama onečišćenja zraka. Nadalje, ljudi imaju mogućnost odlučiti živjeti na lokacijama na temelju svoje podložnosti zagađenju i drugim povezanim zdravstvenim problemima, i/ili mogu potrošiti veća novčana sredstva na samozaštitu na zagađenim mjestima na načine koji se ne mjere u dostupnim skupovima podataka (16).

Komplementarne informacije o povezanosti dugoročne izloženosti onečišćenju zraka i zdravstvenim ishodima dobivene su kohortnim istraživanjima. Kohortna istraživanja općenito

uspoređuju dugoročne prosječne razine onečišćenja (npr. godine) i prilagođenu smrtnost po geografskim lokacijama. Ključne prednosti kohortnih istraživanja su sposobnost procjene pojedinačnih čimbenika rizika osjetljivosti i prilagođavanje faktora na individualnoj razini (npr. pušenje, status, rasa, indeks tjelesne mase, zanimanje). Istaknuta kohortna studija onečišćenja zraka lebdećim česticama bila je Harvardska studija šest gradova (eng. *Harvard Six Cities Study*). Prilagođeni omjer stope smrtnosti iznosio je 1,26 (na razini pouzdanosti od 95 %) uspoređujući najzagađeniji grad – Staubenville, s najmanje zagađenim gradom – Portage, što je odgovaralo povećanju prosječne razine PM_{2,5} od 18,6 µg/m³ unutar razmatranog razdoblja od 9 godina. Nadalje, studija koju je provela ACS (eng. *American Cancer Society*) na otprilike 500 000 ljudi na gradskom području u SAD-u došla je do zapanjujućih rezultata povezanosti relativnog rizika smrtnosti i onečišćenja zraka. Prilagođeni omjer relativnog rizika za ukupnu smrtnost uspoređujući najzagađenije s najmanje zagađenim područjima iznosio je 1,17 (na razini pouzdanosti od 95 %), što je odgovaralo prosječnom povećanju prosječne razine PM_{2,5} od 24,5 µg/m³ unutar 5 promatranih godina (17).

1.4. Gospodarenje otpadom

Zakon o gospodarenju otpadom (NN 84/21) otpad definira kao svaku tvar ili predmet koje posjednik odbacuje, namjerava ili mora odbaciti. Otpadna tvar može se naći u različitim oblicima, a da bi je bilo moguće preraditi, te u neškodljivom obliku vratiti u prirodne ekosustave, nužno je ustvrditi vrstu i sastav otpadne tvari. Otpad se najčešće dijeli prema podrijetlu nastanka na: komunalni otpad, industrijski otpad, bolnički otpad, šljaku i pepeo iz spalionica otpada te ostali otpad. Još se može podijeliti prema utjecaju na okoliš na: inertan, neopasan i opasan otpad (1,9).

1.4.1. Komunalni otpad

Komunalni otpad nastaje pretežno u naseljima, odnosno to je sav otpad nastao u kućanstvima. Obuhvaća miješani komunalni otpad i odvojeno sakupljeni otpad iz kućanstava. Uključuje otpad iz domaćinstava i administrativnih ustanova, glomazni otpad iz istih izvora, građevinski materijal, vrtni i zeleni otpad iz parkova i groblja (1,9).

1.4.2. Industrijski otpad

Definirane su dvije vrste industrijskog otpada, prvi se odnosi na otpad povezan s radom i boravkom ljudi u pojedinim pogonima – može se ubrajati i u komunalni otpad. Druga vrsta industrijskog otpada jest otpad iz tehnološkog procesa same industrije. Obrada i odlaganje industrijskog otpada znatno je zahtjevnija, vrlo često sadrži metalne komponente, organske i anorganske kiseline, polimere, sapune i deterdžente itd. (9).

1.4.3. Bolnički otpad

Bolnice odlažu više vrsta otpada, a među kojima je i opasni otpad. Prema našim propisima, opasni otpad je otpad koji posjeduje jedno ili više opasnih svojstava. Glavna podjela bolničkog otpada obuhvaća: opći otpad, kemijski otpad, infektivni i potencijalno infektivni otpad, patološki otpad, kontejneri pod pritiskom te radioaktivni otpad (1,9).

1.4.4. Šljaka i pepeo iz spalionica otpada

Količina šljake prema količini smeća iznosi 20-40%, a u pravilu se iz šljake izdvajaju željezni predmeti koje ubrajamo u inertni otpad – otpad koji ne podliježe značajnim fizikalno-kemijskim promjenama, nije topiv, nije zapaljiv, niti biorazgradiv. Glavno obilježje inertnog otpada jest da ekotoksičnost vodenog ekstrakta mora biti zanemariva. Količina pepela koji nastaje nakon pročišćavanja dimnih plinova iznosi 20-25% krutog otpada. Pepeo sadrži izvjesne količine teških metala, topljivih soli i oksida; nužno ga je zbrinjavati kao poseban otpad (9).

1.4.5. Red prvenstva gospodarenja otpadom

Zakonom o gospodarenju otpadom (NN 84/21) definiran je red prvenstva gospodarenja otpadom na sljedeći način:

1. Sprječavanje nastanka otpada
2. Priprema za ponovnu uporabu
3. Recikliranje
4. Ostali postupci uporabe (npr. energetska uporaba)



Slika 2. Red prvenstva gospodarenja otpadom

Izvor: <https://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje-otpadom/1345>

Dužnosti lokalne samouprave dakle obuhvaćaju osiguravanje prikupljanja komunalnog i biorazgradivog otpada na određenom području i prijevoz navedenog otpada do osobe koja je ovlaštena za obradu tog otpada. Posjedovanje infrastrukture razlikuje se među jedinicama lokalne samouprave (JLS), tj. gradovima i općinama. Nabava opreme i izgradnja infrastrukture nužno iziskuje velike financijske izdatke. Sredstva osigurava Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost (FZOEU), a dio sredstava se povlači iz EU fondova (10,11).

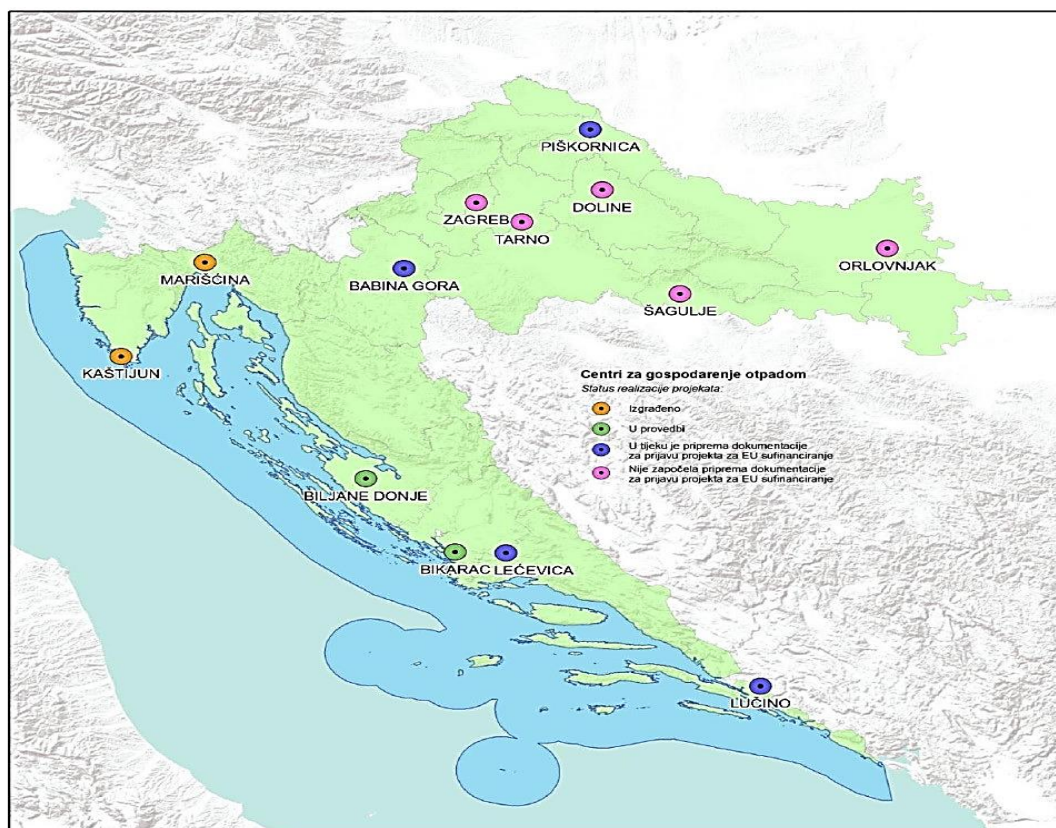
1.4.6. Zbrinjavanje otpada

Način zbrinjavanja otpada određuje se prethodnom kemijskom analizom otpada. Analize mogu vršiti isključivo akreditirani laboratoriji specijalizirani za takvu vrsta analiza. Akreditaciju za obavljanje analiza izdaje Hrvatska akreditacijska agencija (HAA). Otpad koji se odlaže trajno mora biti inertan na sve vrste utjecaja iz atmosfere, primjerice otpad nastao u građevinarstvu – kamen i beton. Zahtjev inertnosti podrazumijeva i obvezni prolazak fizikalno-kemijske analize eluata (10).

1.4.7. Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. do 2022. godine

Vlada Republike Hrvatske je usvojila *Plan gospodarenja otpadom Republike Hrvatske za razdoblje od 2017. – 2022. godine* (NN 3/17). Plan se odnosio na gospodarenje komunalnim otpadom koji podrazumijeva prelazak, s postupka decentraliziranog odlaganja neobrađenog otpada na brojnim županijskim odlagalištima, na centralizirano gospodarenje otpadom. Nužni preduvjet za implementaciju takvoga pristupa je izgradnja Centara za gospodarenja otpadom koji zadovoljavaju potrebe jedne (ili u iznimnim slučajevima, više) županija (13).

Planom za gospodarenje otpadom iz 2007.g. planirana je izgradnja 11 centara. U funkciji su trenutno dva Centra (Marišćina i Kaštijun), a dva su trenutno u izgradnji (Bikarac i Biljane Donje). Za četiri Centra je u tijeku priprema dokumentacije za prijavu projekta za EU financiranje (Babina Gora, Lećeveica, Lučino Razdolje i Piškornica). Preostala 3 centra zamišljena Planom još nisu u fazi pripreme dokumentacije za prijavu na EU sufinanciranje (Orlovnjak, Šagulje i Zagreb) (2).



Slika 3. Položaj i obuhvat planiranih CGO-a sukladno *Planu gospodarenja otpadom RH od 2007. do 2015.* prema trenutnom statusu realizacije

Svrha Centara je da se zaostala količina neiskoristivog otpada na kraju procesa svede na minimum inertnog otpada. Inertni otpad je pogodan za odlaganje. U osnovi svaki Centar sadržava:

1. ulaznu zonu
2. postrojenje za obradu otpada
3. zonu za privremeno skladištenje
4. zonu za odlaganje otpada
5. zonu za prikupljanje i obradu bioplina
6. zonu za prikupljanje i obradu otpadnih voda (14).

Ulazna zona uključuje: portirnicu i upravnu zgradu, plato za pranje kotača i vozila, mosnu vagu (za vaganje otpada), parkiralište za osoblje Centra i posjetitelje, te objekt za održavanje opreme i vozila. Uz tehnološku liniju za obradu otpada, Centar nužno mora sadržavati zonu za privremeno skladištenje. Odlagalište za neopasni otpad nalazi se u sklopu zone za odlaganje otpada. Zona za odlaganje otpada može sadržavati i odlagalište za inertni otpad (14).

Zona za prikupljanje i obradu bioplina projektirana je na način koji omogućuje sakupljanje plinova nastalih u metagenoj fazi razgradnje otpada. Otpad koji se koristi u tu svrhu jest obrađeni komunalni otpad s visokim udjelom biorazgradive tvari. Plinovi sakupljeni ovim principom prevode se u električnu energiju u postrojenju specijaliziranom za proizvodnju električne energije. Ukoliko količina nastalog plina po pojedinim zonama nije dovoljna, plin se sakuplja i spaljuje na baklji plinsko-crpne stanice. Otpadne vode koje nastaju u CGO-u sakupljaju se i obrađuju ako je potrebno. Sakupljanje oborinskih voda odvija se odvojeno od ostalih otpadnih voda; prikupljaju se u bazen za oborinske vode. Sanitarne otpadne vode odvođe se na dva načina: sustavom javne odvodnje (ukoliko je dostupna infrastruktura) ili prikupljanjem u septičkim jamama. Procjedne otpadne vode te otpadne vode nastale u procesu obrade otpada se sakupljaju i obrađuju do kvalitete zahtijevane za ispust u prijemnik (14).

1.5. Centar za gospodarenje otpadom Marišćina

Centar za gospodarenje otpadom (CGO) Marišćina predstavlja centralnu figuru integralnog sustava gospodarenja otpadom u Primorsko-goranskoj županiji. Riječ je o prvom

izgrađenom centru za gospodarenje otpadom u RH. CGO Marišćina vrijedi 277 milijuna kuna, izgrađen je sredstvima iz EU fondova (71%) te sredstvima koje su osigurali Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost, Grad Rijeka, Primorsko-goranska županija i tvrtka Ekoplus koja upravlja Centrom (29%) (2,3).



Slika 4. CGO Marišćina

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

1.5.1. Lokacija

Izgrađen je na području Općine Viškovo te je otprilike 14 km udaljen od grada Rijeke. Projektom je bila obuhvaćena i izgradnja pretovarnih stanica u Delnicama, Novom Vinodolskom, Krku, Rabu, Cresu i Malom Lošinj (2,3). S probnim radom CGO je pušten 30. srpnja 2015. godine. Otvaranje Centra bio je preduvjet za sanaciju i zatvaranje svih odlagališta na području županije. Izvedba samog Centra u skladu je s nacionalnom i svim važećim europskim regulativama. Površina centra iznosi 42,5 hektara, a odlagališni prostor svojim kapacitetom zadovoljava potrebe odlaganja otpada za Primorsko-goransku županiju do 2040.g. (12,13).

Pretovarne stanice neizbježna su sastavnica centraliziranog sustava gospodarenja otpadom. To su građevine čija je funkcija priprema i pretovar otpada koji se potom transportira do Centra na

obradu i odlaganje. Dakle, pretovarne stanice služe kao dislocirani ulaz u CGO na udaljenim lokacijama, bez kojih sami Centri ne mogu funkcionirati (2).



Slika 5. Prijevoz komunalnog otpada s pretovarnih stanica do CGO Marišćina

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

1.5.2. Obujam rada

Zadatak CGO Marišćina jest prihvatiti i obraditi komunalni otpad u maksimalnoj količini od 400 tona na dnevnoj razini. Komunalni otpad dovodi Komunalno poduzeće Čistoća Rijeka, ali i druga komunalna društva s područja županije. Postrojenje je u funkciji šest radnih dana u tjednu u osmosatnom radnom vremenu (12,13).

1.5.3. Princip rada

Prihvat otpada u CGO Marišćina podrazumijeva prihvaćanje komunalnog, neopasnog proizvodnog te reciklažnog otpada. Komunalni otpad organizirano prikupljaju postojeće tvrtke zadužene za isto. Prikupljeni ostatak miješanog komunalnog otpada prevozi se u pretovarne stanice ili direktno u CGO. Neopasni proizvodni otpad se nakon obrade, ukoliko je potrebna, prikuplja odvojeno od komunalnog otpada uz pomoć organiziranog sustava ovlaštenih

sakupljača i prevozi direktno u CGO. Reciklažni otpad koji potječe iz neposredne blizine Centra također se zaprima u reciklažnom dvorištu CGO (13).

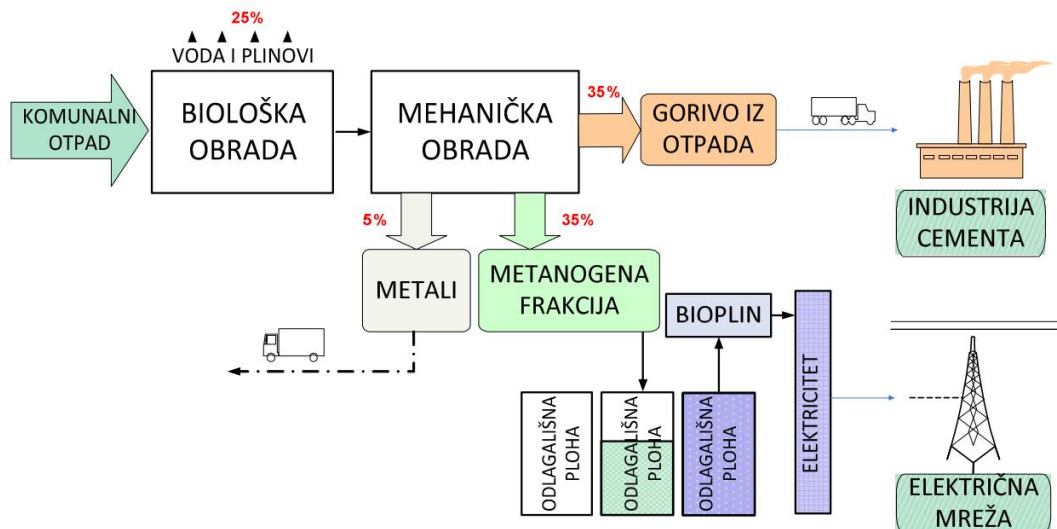
Komunalni otpad se obrađuje prije odlaganja u postrojenju za mehaničko-biološku obradu (MBO). Izlaze ponovo iskoristive frakcije: metali, gorivo iz otpada (GIO) i metanogena frakcija. GIO podliježe daljnjoj obradi izvan CGO-a, dok se metanogena frakcija odlaže na bioreaktivnu plohu s ciljem nastanka bioplina. Bioplin se koristi za daljnje energetske iskorištavanje - proizvodnja električne energije (13).

1.5.4. Tok komunalnog otpada unutar CGO Mariščina

Prihvaćeni komunalni otpad podliježe daljnjem pregledu, vaganju te registraciji na ulazu u CGO, nakon čega se odvodi do postrojenja za mehaničko-biološku obradu (MBO) komunalnog otpada. Prvi dio postrojenja služi za mehaničku predobradu otpada; vrećice se trgaju pomoću specijalnih noževa, a potom se odvajaju različite frakcije otpada uz pomoć rotacijskog sita (prosijavanje). Otpad se zatim prenosi u prostor za biološku obradu, slijedi biosušenje. Lako razgradive frakcije aerobno oksidiraju, pri čemu se oslobađa energija (toplina: 50-60 °C); toplina suši gorivu frakciju i termički higijenzira sami otpad. Biosušenje toplinskom energijom oslobođenom iz frakcije otpada smanjuje sadržaj vlage u kompletnom otpadu i inertizira biorazgradive organske tvari. Ovim procesom povećana je kalorijska vrijednost otpada, a istovremeno i učinkovitost daljnje obrade. Oslobođenom vlagom ulazna masa otpada smanjuje se za 25 – 30 %, a trajanje procesa je otprilike dva tjedna. Perforirani pod u dijelu biološke obrade otpada omogućuje ujednačen protok zraka kroz otpad, a ventilacijski sustavi upuhuju ili odsisavaju zrak. Nadalje, otpad podliježe mehaničkoj rafinaciji, koja za cilj ima izdvojiti različite frakcije: metali, plastika, teška i metanogena frakcija. Mehanička rafinacija odvija se uz pomoć niza strojeva kao što su: primarni usitnjivač, sito, zračni separator, finalni usitnjivač, magnetski separator. Cilj ovog koraka u procesu jest proizvodnja goriva iz otpada (GIO), minimalne kalorijske vrijednosti 16–18 MJ/kg. Nastali GIO podliježe daljnjoj obradi izvan CGO-a (13).

Iduća faza je odlaganje metanogene frakcije na biorektorskom odlagalištu. Svrha postupka je proizvodnja metana ubrzanom razgradnjom same frakcije. Proizvodnja metana počinje kontroliranim dodavanjem pročišćene vode (iz uređaja za pročišćavanje otpadne vode) u zatvorene odlagališne plohe, a obzirom da se stvara visoko stopa metana, može služiti i za proizvodnju električne energije. Odlagališne plohe prekrivene su:

- plinodrenažnim slojem
- geosintetičkim slojem
- geodrenom
- pokrovnim zemljanim slojem
- travom (13).



Slika 6. Postrojenje za MBO s biosušenjem i daljnjom obradom biorazgradivog dijela otpada u kontroliranim bioreaktivnim odlagališnim ploham

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

1.5.5. Infrastruktura CGO Marišćina

(a) Sustav za prikupljanje i obradu odlagališnih plinova

CGO Marišćina koristi dva tipa otplinjavanja: aktivno i pasivno. Aktivno otplinjavanje podrazumijeva prikupljanje plina iz bioreaktorske odlagališne plohe (spaljuje se na baklji). Proces pasivnog otplinjavanja – prikupljanje plina iz plohe za neopasan proizvodni otpad. Prikupljeni plin koristi se za proizvodnju zelene električne energije.

(b) Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (UPOV)

Glavna svrha uređaja je pročišćavanje: procjednih voda, kondenzata kao produkta obrade odlagališnih plinova i otpadnih voda (korištenih za pranje prometnica, kotača ili vozila, iz MBO postrojenja). Nužan uvjet je pročistiti vodu do kvalitete za koju je dopušteno ispuštanje u prijemnik.

(c) Monitoring

CGO Marišćina koristi monitoring uređaje kako bi se redovno pratio utjecaj na okoliš propisan Rješenjem o procjeni utjecaja na okoliš (13).

1.6. Odlagališni plinovi

Osnovni sastav odlagališnog plina uglavnom čine: metan, ugljični dioksid, dušik i kisik. Sastav otpada predodređuju i druge tvari prisutne u deponijskom plinu u vrlo malim koncentracijama – sumporovodik, amonijak, merkaptan, disulfidi, BTX-spojevi, i druge. Proces nastanka deponijskog plina odvija se u tri procesa:

- bakterijska dekompozicija
- hlapljenje
- kemijska reakcija

Najveći dio deponijskog plina nastaje bakterijskom dekompozicijom organskog dijela otpada u anaerobnim uvjetima. Hlapljenje podrazumijeva prelazak organskog dijela otpada iz tekućeg ili čvrstog stanja u paru. Hlapljenje često dovodi do emisija ne-metanskih lakohlapljivih organskih spojeva. Treći put nastanka odlagališnog plina jesu međusobne reakcije određenih otpadnih tvari i kemikalija prisutnih na odlagalištu (24, 25).

Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije je ovlaštena institucija za praćenje i procjenjivanje kvalitete zraka u okruženju CGO Marišćina. Rezultati mjerenja onečišćujućih tvari u vanjskom zraku prikupljaju se na automatskim mjernim postajama postavljenim na lokaciji Centra i javno su dostupne na internetskim stranicama Zavoda. Redovno praćenje vrijednosti koncentracija odlagališnih plinova uključuje: benzen, ugljikov monoksid, sumporovodik, amonijak, dušikov dioksid, ozon, lebdeće čestice (PM_{2,5}, PM₁₀) te sumporov dioksid (26).

2. Materijali i postupci

2.1. Cilj rada

U radu će se:

- utvrditi srednja godišnja 24-satna i 1-satna koncentracija lebdećih čestica aerodinamičkog promjera 2,5 μm ($\text{PM}_{2,5}$) u 2021. godini na automatskoj mjernoj postaji Marišćina
- utvrditi srednja godišnja 24-satna i 1-satna koncentracija lebdećih čestica aerodinamičkog promjera 10 μm (PM_{10}) u 2021. godini na automatskoj mjernoj postaji Marišćina
- usporediti srednje godišnje vrijednosti koncentracija $\text{PM}_{2,5}$ i PM_{10} u 2021. godini s godišnjom graničnom vrijednosti (propisana *Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku*)
- utvrditi broj prekoračenja dnevne granične vrijednosti za PM_{10} frakciju lebdećih čestica u 2021. godini te usporediti podatke s dozvoljenim brojem prekoračenja u jednoj godini
- utvrditi kvaliteta zraka na području AP Marišćina na temelju analiziranih parametara ($\text{PM}_{2,5}$ i PM_{10})

2.2. Prikupljanje i obrada podataka

Podaci o dnevnim koncentracijama lebdećih čestica PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$ na mjernoj postaji Marišćina dobiveni su iz Baze podataka o kvaliteti zraka u Republici Hrvatskoj pri Ministarstvu gospodarstva i održivog razvoja. Izmjerene koncentracije uspoređuju se s odredbama *Uredbe o razinama onečišćujućih tvari u zraku*, a validacija i obrada podataka provodi se sukladno *Pravilniku o praćenju kvalitete zraka*.

2.3. Mjerenje koncentracija lebdećih čestica $\text{PM}_{2,5}$ i PM_{10}

Na temelju *Zakona o zaštiti zraka* (NN 127/19, 57/22) od 2018. godine na automatskoj imisijskoj postaji (AP) Marišćina se metodom mjerenja optičkog raspršenja svjetlosti određuju trenutne koncentracije PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$. Mjerenje optičkog raspršenja svjetlosti nije referentna metoda (gravimetrijska metoda), stoga je prema hrvatskim propisima obavezno provođenje testova ekvivalencije od strane referentnog laboratorija te popratno korigiranje rezultata automatskog mjerenja. AP Marišćina se nalazi u općini Viškovo, naselju Marčelji, na adresi

Pogled 2/4. Uzorci se sakupljaju na satnoj razini u realnom vremenu (NRT, eng. near real-time), a analiziraju se automatski pomoću uređaja Horiba APDA-372 (27).



Slika 7. Automatski analizator Horiba APDA-372

Izvor: <https://www.horiba.com/int/products/detail/action/show/Product/apda-372-194/>

Podaci dobiveni automatskim analizatorom statistički se obrađuju i analiziraju prema *Zakonu o zaštiti zraka, Pravilniku o praćenju kvalitete zraka te Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku*. Izmjereni podaci objavljuju se na godišnjoj razini u Izvješćima o praćenju kvalitete zraka na postajama lokalne mreže koji su dostupni na internetskim stranicama Zavoda za zaštitu okoliša i prirode pri Ministarstvu gospodarstva i održivog razvoja (27).

U ovom radu koriste se validirani podaci o koncentracijama lebdećih čestica PM₁₀ i PM_{2,5} na automatskoj mjernoj postaji Mariščina prikupljenih tijekom 2021. godine.

Tablica 2. Granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi prema *Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku* (NN 77/2020)

Onečišćujuća Tvar	Vrijeme Usrednjavanja	Granična vrijednost GV	Učestalost dozvoljenih prekoračenja (n>GV u 1 god)
Lebdeće čestice PM ₁₀	24 sata	50 µg/m ³	35 puta
	1 godina	40 µg/m ³	-
Lebdeće čestice PM _{2.5}	1 godina	25 µg/m ³	-

Zakonom o zaštiti zraka (NN 127/19) definirano je propisno svrstavanje određenog područja u dvije kategorije kvalitete zraka:

- I kategorija – čist ili neznatno onečišćen zrak ($C < GV$)
- II kategorija – onečišćen zrak ($C > GV$),

pri čemu je C izmjerena koncentracija, a GV granična vrijednost.

3. Rezultati

3.1. Zbirni rezultati promatranih frakcija lebdećih čestica na mjernoj postaji Marišćina tijekom 2021. godine

U tablici 3 su prikazani zbirni rezultati mjerenja svih parametara frakcija lebdećih čestica (PM₁₀ i PM_{2.5}) sa AP Marišćina. Podaci navedeni u tablici uključuju srednje dnevne i satne koncentracije PM₁₀ i PM_{2.5} tijekom 2021. godine.

Tablica 3. Zbirni rezultati mjerenja onečišćenja zraka na području AP Marišćina u 2021. godini (µg/m³)

Onečišćujuća tvar	N	Obuhvat (%)	C _{sr}	C _M	n>GV
<i>24-satne koncentracije</i>					
Lebdeće čestice (PM ₁₀)	365	100	15	84	7
Lebdeće čestice (PM _{2.5})	365	100	9,0	31	
<i>1-satne koncentracije</i>					
Lebdeće čestice (PM ₁₀)	8334	95	15	349	
Lebdeće čestice (PM _{2.5})	8334	95	9,0	96	

Izvor: Nastavni Zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije, Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Marišćina, izvještaj za razdoblje 01.01. – 31.12.2021.

Legenda:

N – broj mjerenja

C_{sr} – srednja godišnja 24-satna ili 1-satna koncentracija

C_M – maksimalna vrijednost srednja 24-satne ili 1-satne koncentracije

n>GV – broj prekoračenja dnevne granične vrijednosti (prema *Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku*)

Srednja godišnja dnevna koncentracija PM₁₀ iznosila je 15 µg/m³, a za PM_{2,5} 9,0 µg/m³. Srednja godišnja satna koncentracija PM₁₀ iznosila je 15 µg/m³, a kod PM_{2,5} 9,0 µg/m³. Tokom 2021. godine zabilježeno je 7 prekoračenja dnevne granične vrijednosti (GV=50 µg/m³) za PM₁₀ frakciju lebdećih čestica propisane *Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku*.

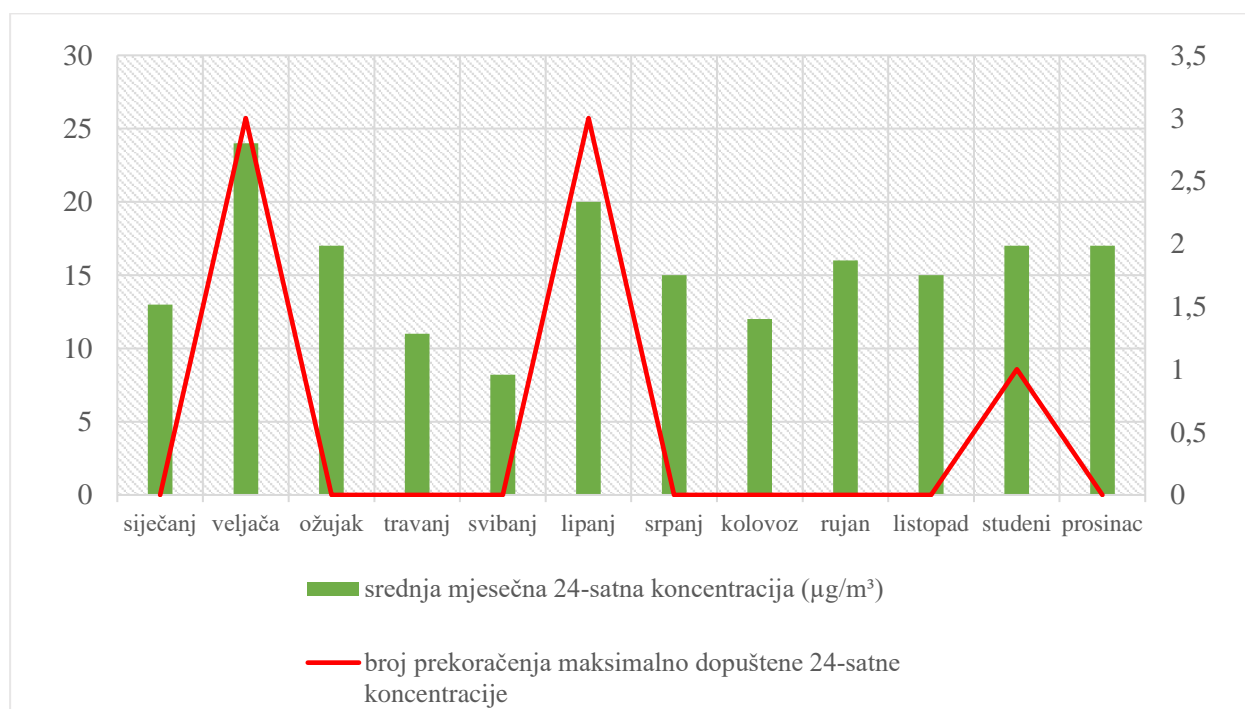
Najveća zabilježena vrijednost srednje dnevne koncentracije PM₁₀ iznosila je 84 µg/m³, a PM_{2,5} 31 µg/m³. Najveća zabilježena vrijednost srednje 1-satne koncentracije PM₁₀ frakcije iznosila je 349 µg/m³, dok je za PM_{2,5} frakciju iznosila 96 µg/m³.

Obuhvat prikupljenih podataka zadovoljava kriterij od 90% za stalna mjerenja prema *Pravilniku (28)*.

3.2. Koncentracije PM₁₀ na AP Marišćina tijekom 2021. godine

3.2.1. Srednje mjesečne 24-satne koncentracije PM₁₀

Na slici 8 prikazane su srednje mjesečne 24-satne koncentracije PM₁₀ u zraku na AP Marišćina tijekom 2021. godine.

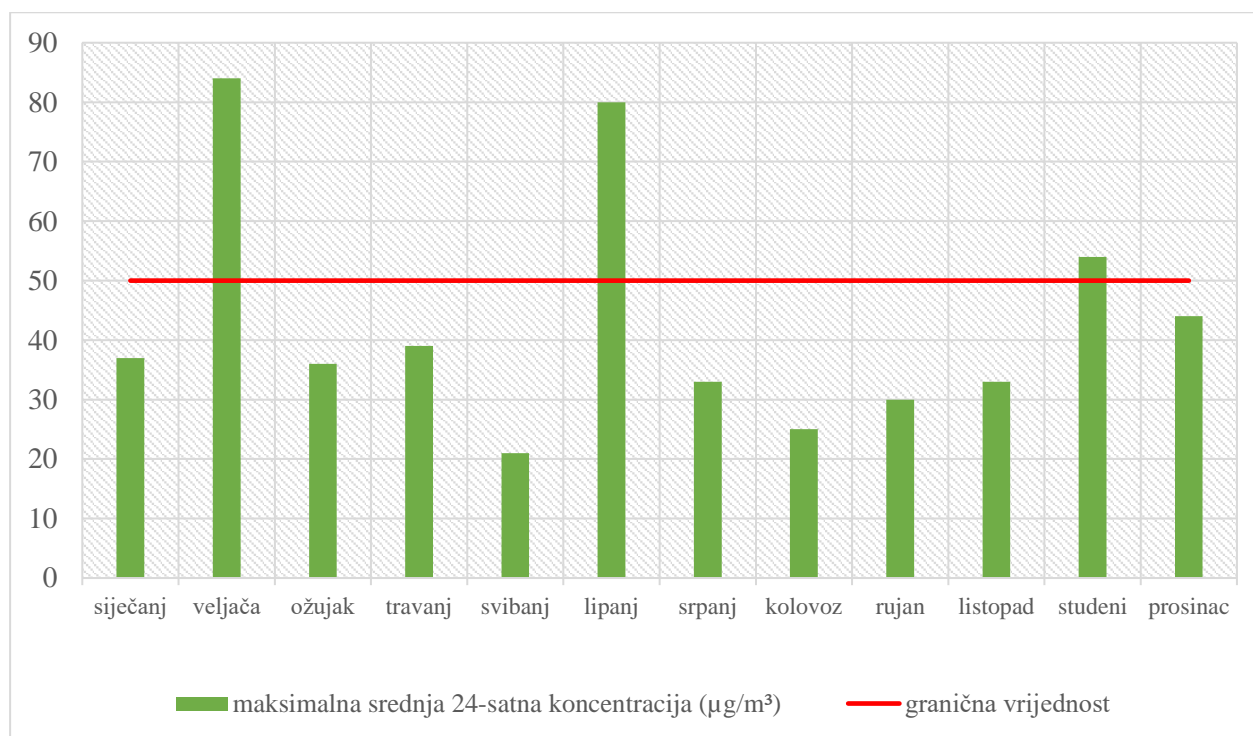


Slika 8. Grafički prikaz kretanja srednjih mjesečnih 24-satnih koncentracija PM₁₀ te broj prekoračenja maksimalno dopuštene srednje 24-satne koncentracije po mjesecima u 2021. godini

Najveća srednja mjesečna 24-satna koncentracija zabilježena je u veljači ($24 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a najmanja u svibnju ($8,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Visoke vrijednosti srednjih mjesečnih 24-satnih koncentracija zabilježene su i u lipnju ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ožujku ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$), studenom ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$) te prosincu ($17 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Prekoračenja maksimalno dopuštene srednje 24-satne koncentracije zabilježena su tijekom veljače (3 puta), lipnja (3 puta) te studenog (1 put).

3.2.2. Maksimalne vrijednosti srednje 24-satne koncentracije PM_{10} po mjesecima

Na slici 9 prikazane su maksimalne vrijednosti srednje 24-satne koncentracije PM_{10} u zraku na AP Mariščina po mjesecima tijekom 2021. godine.

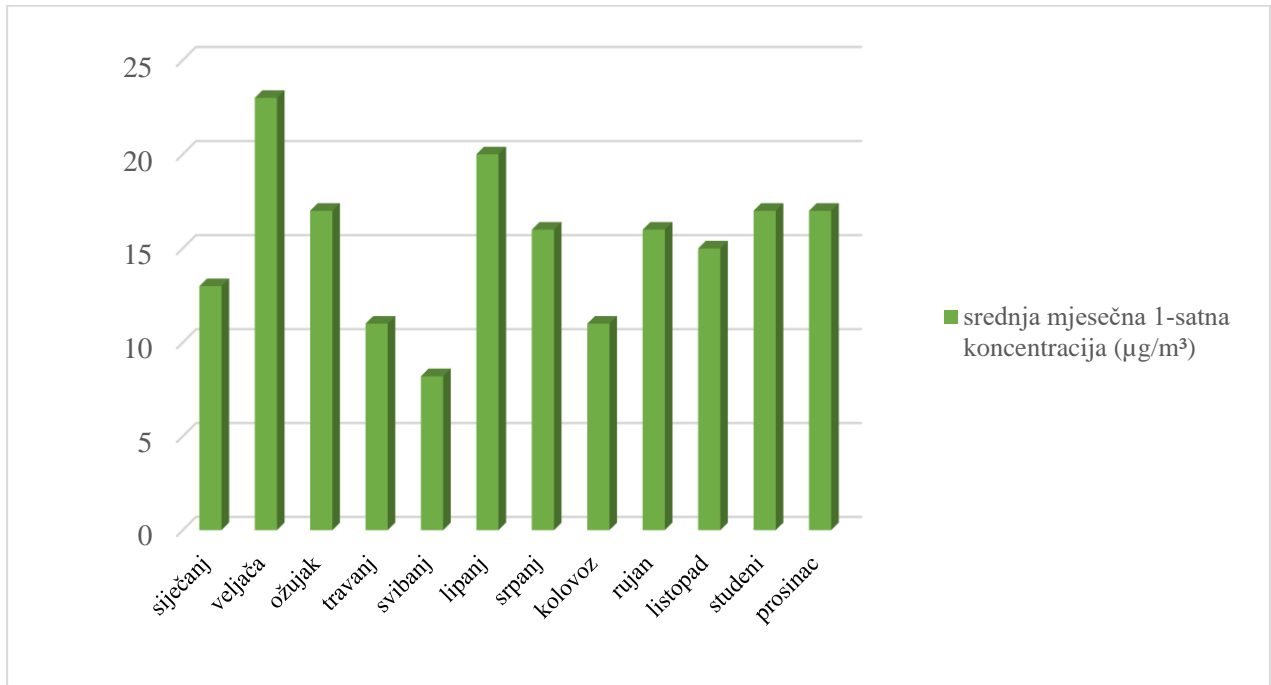


Slika 9. Grafički prikaz maksimalnih vrijednosti srednje 24-satne koncentracije PM_{10} po mjesecima tijekom 2021. godine

Najveća vrijednost srednje 24-satne koncentracije PM_{10} zabilježena je u veljači, 26.02.2021.g. ($84 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a najmanja u svibnju 01.05.2021.g. ($21 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.2.3. Srednje mjesečne 1-satne koncentracije PM₁₀ frakcije lebdećih čestica

Na slici 10 prikazane su srednje mjesečne 1-satne koncentracije PM₁₀ u zraku na AP Marišćina tijekom 2021. godine.



Slika 10. Grafički prikaz kretanja srednje mjesečne 1-satne koncentracije PM₁₀ u 2021. godini

Najveća vrijednost srednje mjesečne 1-satne koncentracije zabilježena je tokom veljače (23 µg/m³), a najmanja vrijednost u mjesecu svibnju (8,2 µg/m³). Visoke vrijednosti srednjih mjesečnih 1-satnih koncentracija zabilježene su i tokom lipnja (20 µg/m³), ožujka (17 µg/m³), studenog (17 µg/m³) i prosinca (17 µg/m³).

3.2.4. Maksimalne vrijednosti srednje 1-satne koncentracije PM₁₀ po mjesecima

Na slici 11 prikazane su maksimalne vrijednosti srednjih 1-satnih koncentracija PM₁₀ u zraku na AP Marišćina tijekom 2021. godine.



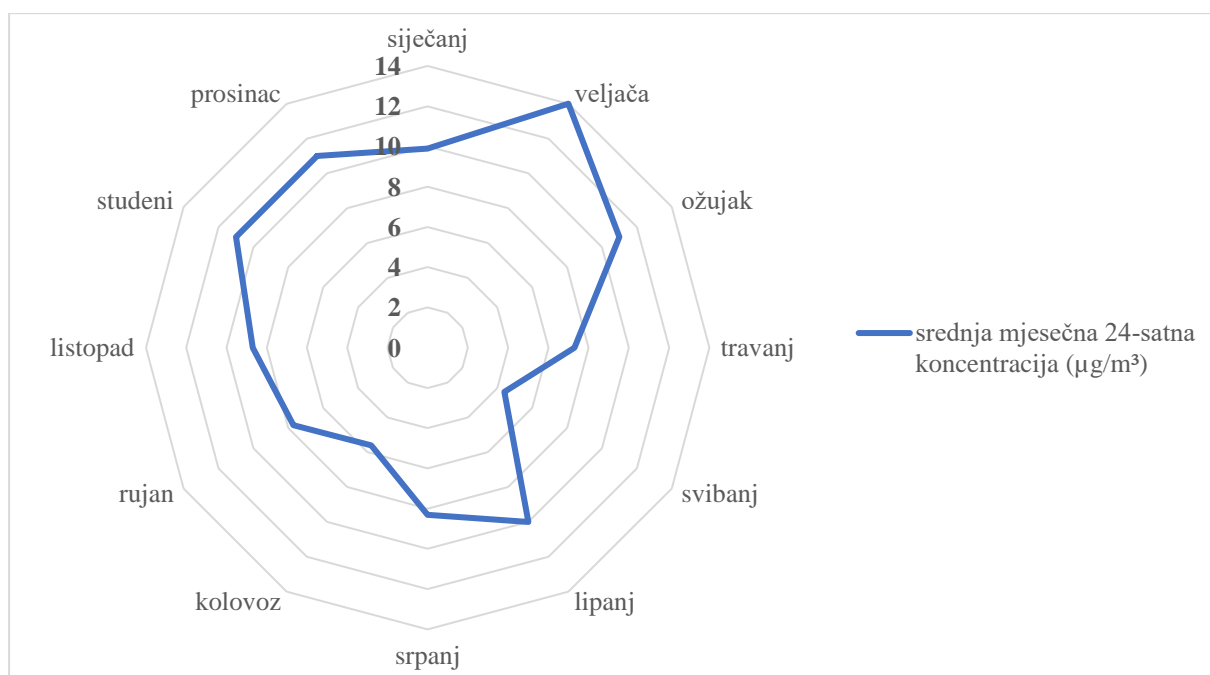
Slika 11. Grafički prikaz kretanja maksimalnih vrijednosti srednjih 1-satnih koncentracija PM₁₀ po mjesecima tijekom 2021. godine

Najveća maksimalna vrijednost srednje 1-satne koncentracije zabilježena je u studenom, 21.11.2021.g., iznosila je 349 µg/m³. Visoke vrijednosti maksimalnih srednjih 1-satnih koncentracija zabilježene su i u ožujku (292 µg/m³) te veljači (291 µg/m³). Najmanja maksimalna vrijednost srednje 1-satne koncentracije zabilježena je u svibnju (67 µg/m³).

3.3. Koncentracije PM_{2.5} na mjernoj postaji Marišćina tijekom 2021. godine

3.3.1. Srednje mjesečne 24-satne koncentracije PM_{2.5}

Na slici 12 prikazane su srednje mjesečne 24-satne vrijednosti koncentracija PM_{2.5} u zraku na AP Marišćina tijekom 2021. godine.

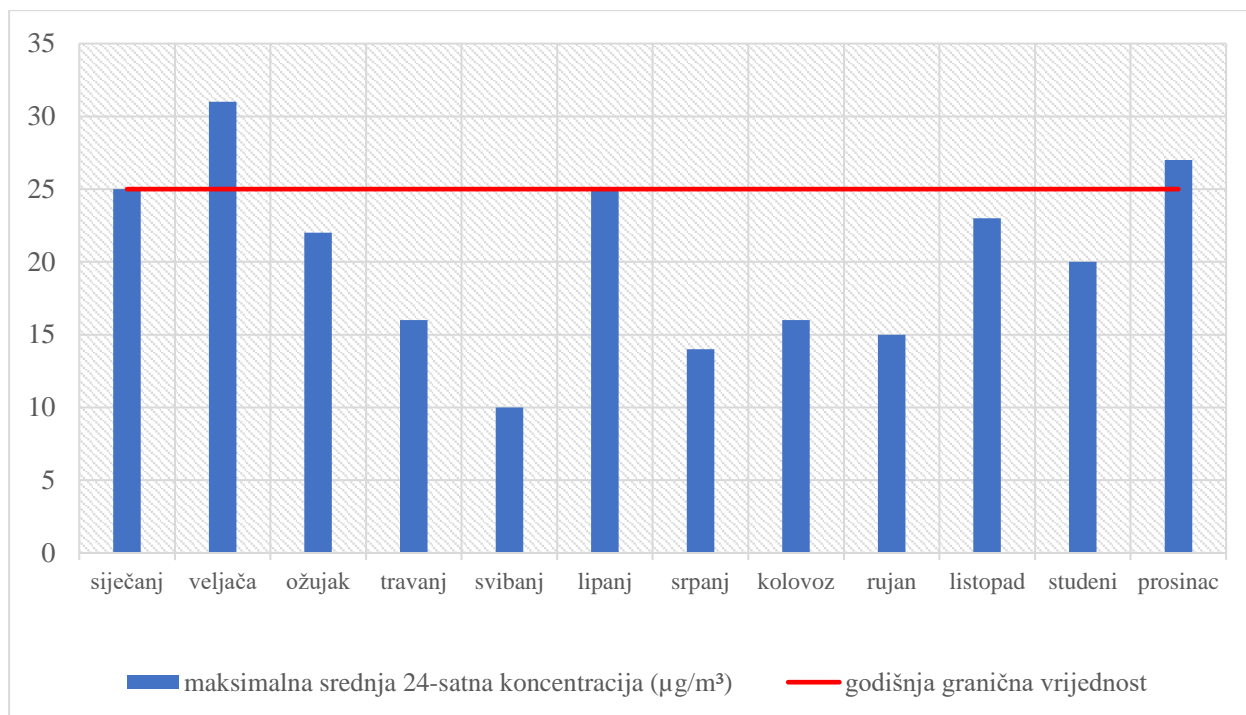


Slika 12. Grafički prikaz kretanja srednjih mjesečnih 24-satnih koncentracija PM_{2.5} tijekom 2021. godine

Najveća srednja 24-satna vrijednost zabilježena je u veljači (14 µg/m³), nešto niže vrijednosti registrirane su tokom ožujka (11 µg/m³), studenog (11 µg/m³) i prosinca (11 µg/m³). Najmanja vrijednost srednje 24-satne koncentracije zabilježena je u svibnju (4,4 µg/m³).

3.3.2. Maksimalne vrijednosti srednje 24-satne koncentracije PM_{2.5} po mjesecima

Na slici 13 su prikazane maksimalne vrijednosti srednjih 24-satnih koncentracija PM_{2.5} u zraku na AP Mariščina po mjesecima tijekom 2021. godine.

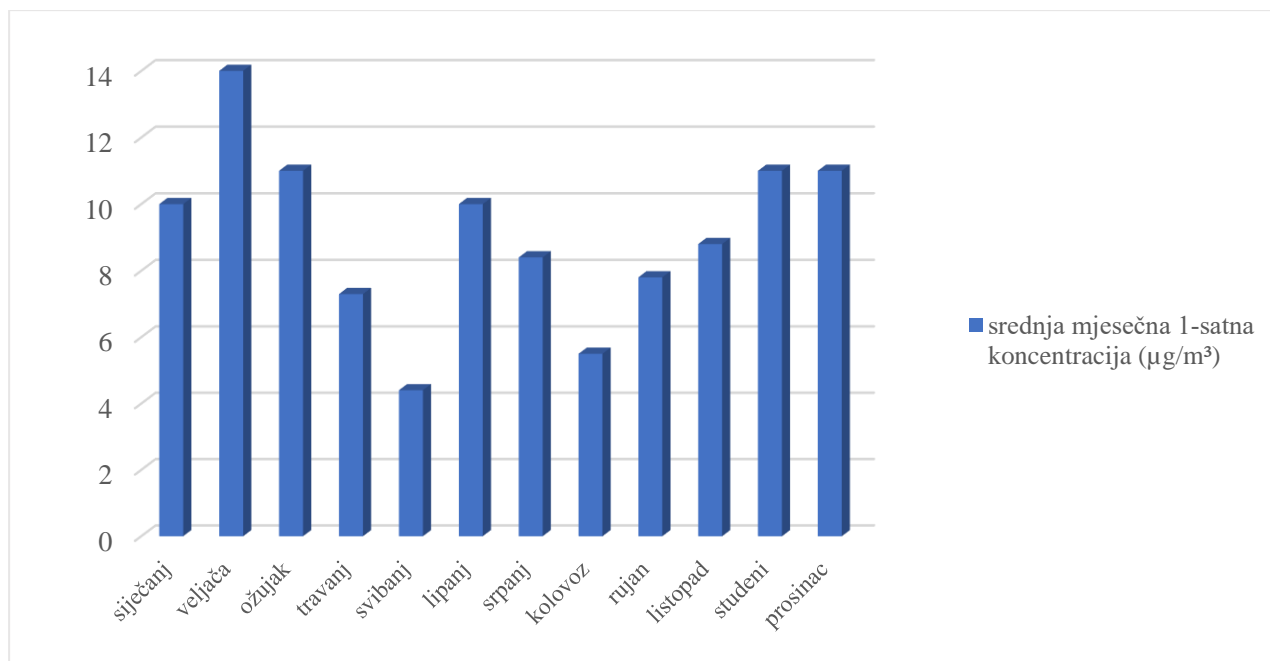


Slika 13. Grafički prikaz kretanja maksimalnih vrijednosti srednjih 24-satnih koncentracija PM_{2,5} po mjesecima tijekom 2021. godine

Najveća vrijednost srednje 24-satne koncentracije registrirana je u veljači, 26.02.2021.g., iznosila je 31 µg/m³. Visoke vrijednosti srednje 24-satne koncentracije zabilježene su i u prosincu (27 µg/m³), siječnju (25 µg/m³) i lipnju (25 µg/m³). Najmanja maksimalna vrijednost srednje 24-satne koncentracije zamijećena je u svibnju (10 µg/m³).

3.3.3. Srednje mjesečne 1-satne koncentracije PM_{2,5}

Na slici 14 prikazane su srednje mjesečne 1-satne koncentracije PM_{2,5} u zraku na AP Mariščina tijekom 2021. godine.

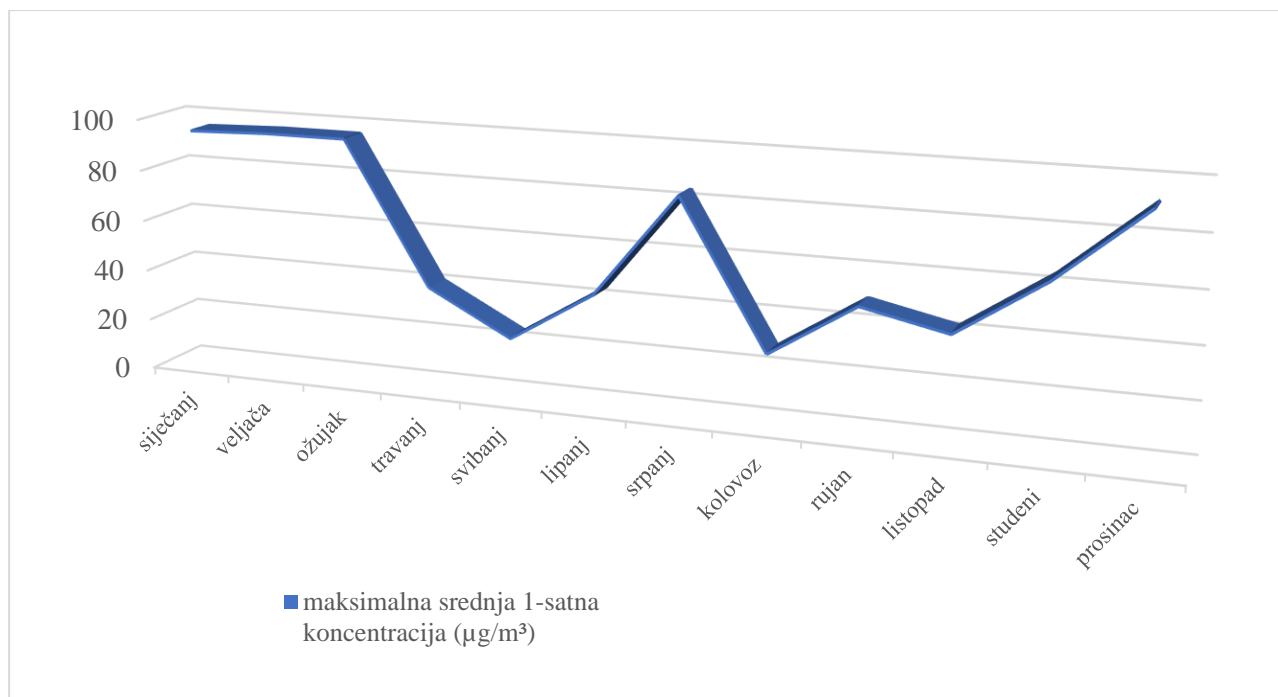


Slika 14. Grafički prikaz vrijednosti srednjih mjesečnih 1-satnih koncentracija po mjesecima u 2021. godini

Najveća srednja mjesečna 1-satna koncentracija zabilježena je u veljači ($14 \mu\text{g}/\text{m}^3$), a najmanja u svibnju ($4,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Visoke vrijednosti srednje mjesečne 1-satne koncentracije zamijećene su u ožujku ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$), studenom ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$) te prosincu ($11 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.3.4. Maksimalne vrijednosti srednje 1-satne koncentracije $\text{PM}_{2,5}$ po mjesecima

Na slici 15 prikazane su maksimalne vrijednosti srednje 1-satne koncentracije $\text{PM}_{2,5}$ u zraku na AP Mariščina po mjesecima tijekom 2021. godine.



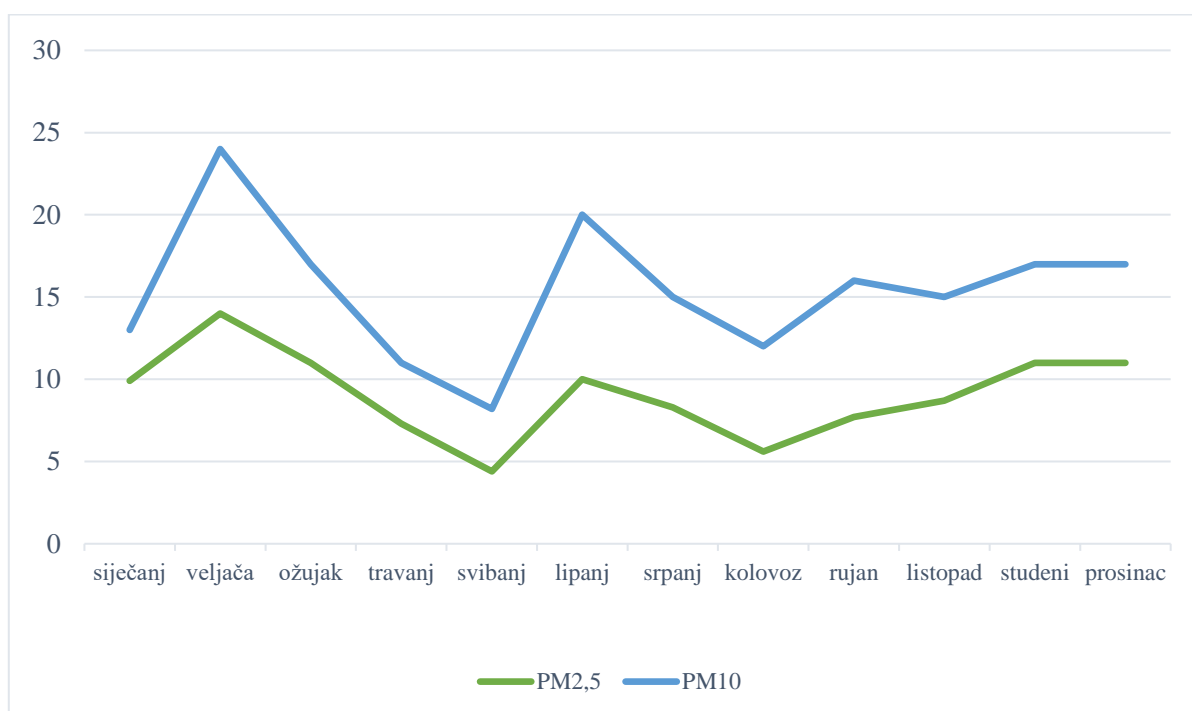
Slika 15. Grafički prikaz kretanja maksimalnih vrijednosti srednje 1-satne koncentracije PM_{2,5} po mjesecima tijekom 2021. godine

Najveća maksimalna vrijednost srednje 1-satne koncentracije zabilježena je u veljači (26.02.2021.) i ožujku (07.03.2021.), a iznosila je 96 µg/m³. Najmanja maksimalna vrijednost srednje 1-satne koncentracije zabilježena je tijekom svibnja (24 µg/m³).

4. Rasprava

Tijekom razmatrane 2021. godine, srednja godišnja koncentracija PM₁₀ iznosila je 15 µg/m³, što zadovoljava godišnju graničnu vrijednost (GV=40 µg/m³) propisanu *Uredbom* (18). Srednja godišnja koncentracija PM_{2,5} iznosila je 9,0 µg/m³, također ispod godišnje granične vrijednosti (GV=25 µg/m³) propisane *Uredbom* (18).

Na slici 16 prikazana je usporedba vrijednosti srednje mjesečne 24-satne koncentracije PM₁₀ i PM_{2,5} u okolišnom zraku na AP Marišćina u 2021. godini



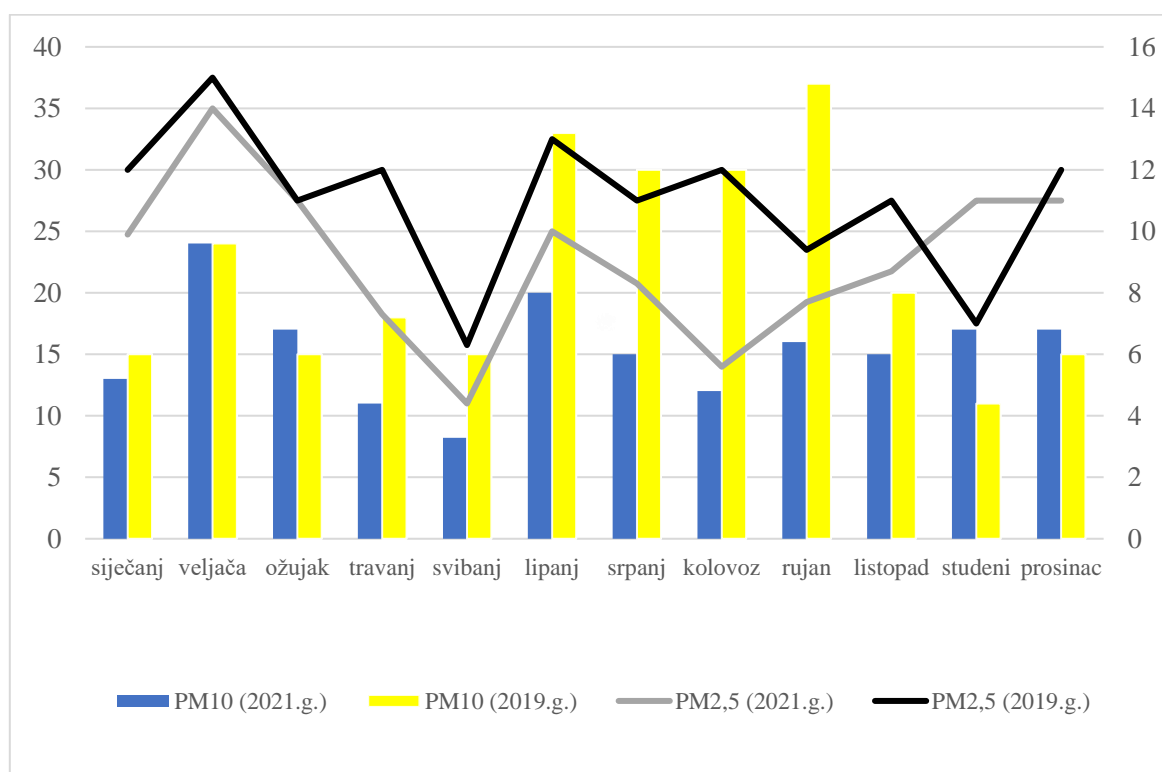
Slika 16. Grafički prikaz usporedbe vrijednosti srednje mjesečne 24-satne koncentracije PM₁₀ i PM_{2,5} u 2021. godini na AP Marišćina

Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku osim što propisuje godišnje granične vrijednosti koncentracija PM₁₀ i PM_{2,5}, propisuje i broj dozvoljenih prekoračenja dnevne granične vrijednosti za PM₁₀ frakciju lebdećih čestica. U 2021. godini zabilježeno je 7 prekoračenja dnevne granične vrijednosti na AP Marišćina, u odnosu na 2019. godinu kada je zabilježeno čak 23 prekoračenja (29). Iako je razlika značajna, dozvoljeni broj prekoračenja iznosi 35 puta u kalendarskoj godini čime su obje promatrane godine unutar dopuštenih granica. Na temelju razmatranih parametara (PM₁₀ i PM_{2,5}) i usporedbe istih sa zakonskim propisima za

praćenje kvalitete zraka, kvaliteta zraka na AP Marišćina svrstava se u prvu kategoriju, odnosno zrak je čist ili neznatno onečišćen lebdećim česticama PM₁₀ i PM_{2,5}.

Usporedimo li rezultate iz promatrane 2021. godine s onim objavljenim 2019. godine u *Izvešću* (29) s iste mjerne postaje, mogu se zamijetiti razlike. Srednja godišnja koncentracija PM₁₀ tada je iznosila 22 µg/m³, a za PM_{2,5} 11 µg/m³.

Na slici 17 prikazana je usporedba vrijednosti srednje mjesečne 24-satne koncentracije PM₁₀ i PM_{2,5} u okolišnom zraku na AP Marišćina, po mjesecima u 2019. i 2021. godini.



Slika 17. Grafički prikaz usporedbe vrijednosti srednje mjesečne 24-satne koncentracije PM₁₀ i PM_{2,5} tijekom 2019. i 2021. godine na AP Marišćina

Razlika između 2021. i 2019.g. ponajviše se očituje u smanjenju vrijednosti srednje godišnje koncentracije PM₁₀ i PM_{2,5}, no zamjetno je da u obje analizirane godine vrijednosti koncentracija lebdećih čestica većeg aerodinamičkog promjera (PM₁₀) višestruko nadmašuju vrijednosti koncentracija lebdećih čestica manjeg aerodinamičkog promjera (PM_{2,5}). Koliko je bitan odnos vrijednosti koncentracija PM_{2,5} i PM₁₀ pokazuju i zakonski propisi utemeljeni na znanstvenim dokazima, a koji dozvoljavaju gotovo dvostruko manje koncentracije PM_{2,5} u odnosu na PM₁₀; *Uredba* (18) dozvoljava srednju godišnju koncentraciju do 25 µg/m³ za PM_{2,5},

odnosno $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ za PM_{10} . $\text{PM}_{2,5}$ su znatno štetnije po ljudsko zdravlje, manji aerodinamički promjer omogućava im prodiranje kroz plućnu barijeru te ulazak u krvožilni sustav, što nije slučaj kod PM_{10} (uglavnom se zadržavaju u plućima). Stoga, kronična izloženost $\text{PM}_{2,5}$ povećava rizik od razvoja kardiovaskularnih oboljenja, no kao i PM_{10} mogu uzrokovati respiratorne bolesti (npr. rak pluća). Nadalje, u 2021.g. najveće vrijednosti srednjih mjesečnih 24-satnih koncentracija na AP Marišćina zabilježene su u zimskim mjesecima (veljača, studeni, prosinac), dok su u 2019. g. uglavnom istaknuti ljetni mjeseci (srpanj, kolovoz i rujan). Mnoga prijašnja istraživanja ukazuju da ovisno o geografskom području, klimatskim uvjetima te antropogenim izvorima onečišćenja lebdeće čestice pokazuju sezonsko ponašanje. U ovom slučaju radi se o identičnoj geografskoj lokaciji i klimatskim uvjetima što govori da su određene djelatnosti (društvene, industrijske) utjecale na periodičko povećanje koncentracija lebdećih čestica u različitim godišnjim dobima. Primjerice, zimi je pojačana potrošnja fosilnih goriva, nafte ili zemnog plina u svrhu grijanja stambenih prostora, dok je ljeti pojačan promet (otpuštanje lebdećih čestica u okolni zrak) uzrokovan turističkom sezonom. Može se zaključiti da je povećana koncentracija lebdećih čestica na AP Marišćina u razmatranim periodima uzrokovana na dva načina: direktnim otpuštanjem lebdećih čestica iz postrojenja ili otpuštanjem njihovih prekursora (npr. sumporovi i dušikovi oksidi) kako iz postrojenja, tako i iz obližnjih naselja i prometnica. Onečišćenje PM-ima smatra se važnim čimbenikom kvalitete zraka u urbanim područjima kroz proteklih 30 godina, posebice zbog negativnog kardiovaskularnog i respiratornog učinka.

Planom za gospodarenje otpadom u razdoblju od 2017. do 2022.g (3/17) Vlade Republike Hrvatske planirana je izgradnja 11 Centara. U funkciji su trenutno dva Centra (Marišćina i Kaštijun) u kojima se na godišnjoj razini prati kvaliteta zraka pomoću automatiziranih uređaja. Automatska mjerna postaja (AMP) Kaštijun je uključena u lokalnu mrežu za praćenje kvalitete zraka, a izmjereni i validirani podaci javno su dostupni na internetskim stranicama Zavoda za zaštitu okoliša i prirode pri Ministarstvu gospodarstva i održivog razvoja. Srednja godišnja koncentracija za PM_{10} iznosila je $18,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a za $\text{PM}_{2,5}$ $12,20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, što je vrlo usporedivo s podacima AP Marišćina za 2019. godinu. Usporedimo li to s podacima AP Marišćina iz 2021. godine, zamjećuje se značajno smanjenje srednjih vrijednosti 24-satnih koncentracija. U 2019. godini zabilježeno je 10 prekoračenja granične vrijednosti srednje 24-satne koncentracije PM_{10} na AMP Kaštijun što je usporedivo s podacima AP Marišćina iz 2021. godine (7 prekoračenja).

Podaci s promatranih automatskih mjernih postaja za trajno praćenje kvalitete zraka (Mariščina i Kaštijun) zadovoljavaju zakonske propise za lebdeće čestice PM_{10} i $PM_{2,5}$ te se kvaliteta zraka u okolini navedenih Centara svrstava u prvu kategoriju.

5. Zaključak

Centri za gospodarenje otpadom (CGO) imaju ključnu ulogu u uspostavi cjelovitog sustava gospodarenja otpadom kojeg je Vlada Republike Hrvatske predstavila 2007. godine. CGO Marišćina prvi je izgrađeni Centar za gospodarenje otpadom u RH, a konceptijski je osmišljen na način da smanjuje emisiju deponijskih plinova u okolišni zrak te da se prikupljeni otpad ondje energetski oporabljuje. Unatoč smanjenju emisija plinova iz postrojenja, određene količine atmosferskih polutanata bivaju otpuštene u okolinu. Među emitiranim česticama i plinovima, zabilježene su i lebdeće čestice (engl. *Particulate Matter*, PM) i/ili prekursori lebdećih čestica različitog sastava i veličina s potencijalno negativnim učinkom na ljudsko zdravlje i kvalitetu okoliša. Lebdeće čestice obuhvaćaju veliki raspon tvari različitog kemijskog sastava i veličina koje se prenose zrakom u obliku čvrstih ili tekućih frakcija. Grube lebdeće čestice (PM₁₀) uglavnom se zadržavaju duboko u plućima nakon udisanja, pritom uzrokujući bolesti dišnog sustava. Fine lebdeće čestice (PM_{2,5}) imaju sposobnost prodiranja kroz plućnu barijeru i ulaska u krvožilni sustav, čime mogu dovesti i do razvoja bolesti srca i krvnih žila. Kronična izloženost lebdećim česticama pridonosi povećanom riziku od razvoja kardiovaskularnih bolesti, kao i raka pluća te smanjenoj funkciji pluća.

Ovim radom utvrđeno je da je srednja godišnja koncentracija za PM₁₀ na AP Marišćina tijekom 2021. godine iznosila 15 µg/m³, što zadovoljava graničnu godišnju vrijednost (GV=40 µg/m³) propisanu *Uredbom* (18). Srednja godišnja koncentracija za PM_{2,5} iznosila je 9,0 µg/m³, također ispod granične godišnje vrijednosti (GV=25 µg/m³) propisane *Uredbom* (18). Nadalje, utvrđene su vrijednosti srednje godišnje satne koncentracije, za PM₁₀ 15 µg/m³, a PM_{2,5} 9,0 µg/m³. Za satne koncentracije lebdećih čestica nisu propisane granične vrijednosti.

Utvrđeno je 7 prekoračenja dnevne granične vrijednosti (GV=50 µg/m³) u 2021. godini za PM₁₀ frakciju lebdećih čestica, što zadovoljava dozvoljenih 35 prekoračenja u kalendarskoj godini propisanih *Uredbom* (18). S obzirom da se kvaliteta zraka na određenom području određuje analizom pojedinih parametara, prema parametrima PM₁₀ i PM_{2,5} kvaliteta zraka u okolini AP Marišćina svrstava se u prvu kategoriju. Na bazi navedenih podataka može se zaključiti da utjecaj CGO Marišćina na koncentraciju lebdećih čestica u okolišnom zraku nije značajan, no kontinuirano praćenje polutanata u zraku nužno je za pravovremenu reakciju u slučaju onečišćenja.

6. Literatura

1. Zakon o gospodarenju otpadom (NN 84/21)
2. Fzoeu.hr [Internet]. Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost: Centri za gospodarenje otpadom. [ažurirano: 15.12.2021.; citirano: 3.1.2022.]. Dostupno na: <https://www.fzoeu.hr/hr/centri-za-gospodarenje-otpadom/7593>
3. Ekoplus: ŽCGO Marišćina – Ključ zelenije budućnosti.hr [Internet] [ažurirano: 12.4.2016.; citirano: 3.1.2022.]. Dostupno na: <https://www.ekoplus.hr/mariscina.php>
4. National Research Council. Research priorities for airborne particulate matter – Immediate priorities and a long-range research portfolio. 1. izd. Washington D.C. National Academy Press. 1998. p. 1-3
5. Who.int [Internet]. World Health Organization: Ambient (outdoor) air pollution, 2021. [ažurirano: 22.9.2021.; citirano: 4.1.2022.]. Dostupno na: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
6. Colls J. Air Pollution. 2nd ed. Nottingham: Taylor & Francis, 2002. p. 2-59
7. Eea.europa.eu [Internet]. Europska agencija za okoliš: Svaki naš udisaj – Poboljšanje kvalitete zraka u Europi. Luksemburg, 2013. [ažurirano: 2.7.2013; citirano: 4.1.2022.]. Dostupno na: <https://www.eea.europa.eu/hr/signals/signals-2013/clanci/svaki-nas-udisaj>
8. Zakon o zaštiti zraka (NN 127/19, 57/22)
9. Tušar B. Gospodarenje otpadom. Socijalna ekologija [Internet] 13.11.1992. [citirano: 4.1.2022.]; 1992; 1(4): 547-554. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/204749>
10. Fzoeu.hr [Internet]. Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost: Gospodarenje otpadom. [ažurirano: 15.12.2021.; citirano: 4.1.2022.]. Dostupno na: <https://www.fzoeu.hr/hr/gospodarenje-otpadom/1345>
11. Fuk B. Oprema i infrastruktura za održivo gospodarenje otpadom u jedinicama lokalne/regionalne samouprave (II.dio). Sigurnost [Internet], 2018. [citirano 6.1.2022.]; 2018.; 60(3), str. 283-288. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/306828>
12. Rijeka.hr [Internet]. Grad Rijeka: Županijski centar za gospodarenje otpadom. Ekologija i energetika. [ažurirano: 30.7.2015.; citirano: 6.1.2022.]. Dostupno na:

<https://www.rijeka.hr/gradska-uprava/gradski-projekti/realizirani-projekti/ekologija-i-energetika/zupanijski-centar-gospodarenje-otpadom/>

13. Ekoplus: Županijski centar za gospodarenje otpadom Marišćina – Sažeti izvještaj o provedenom postupku procjene utjecaja na okoliš. Siječanj 2010. [citirano: 6.1.2022.]. Dostupno na: <https://www.ebrd.com/english/pages/project/eia/39417c.pdf>
14. Plan gospodarenja otpadom u RH za razdoblje 2017. – 2022. godine (3/17)
15. Fzoeu.hr [Internet]. Fond za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost: Reciklažna dvorišta. [ažurirano: 15.3.2022.; citirano: 12.4.2022.]. Dostupno na: <https://www.fzoeu.hr/hr/reciklazna-dvorista/7589>
16. Dominici F, Greenstone M, Sunstein RC. Particulate Matter Matters. Science [Internet] 18.4.2014. [citirano: 12.4.2022.]; 2014.; 344 (6181): 257-259. Dostupno na: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4206184/>
17. Bell M, Samet JM, Dominici F. Time Series Studies of Particulate Matter. Annual Review of Public Health [Internet] 21.4.2004. [citirano: 12.4.2022.]; 2004.; 25: 247-280. Dostupno na: https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.publhealth.25.102802.124329?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed
18. Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 77/20)
19. Duvall RM, Norris GA, Dailey LA, Burke JM, McGee JK, Gilmour MI, Gordon T, Devlin RB. Source apportionment of particulate matter in the U.S. and associations with lung inflammatory markers. Inhalation Toxicol, 2008.; 230 (2): 159-166
20. Russell AG, Brunekreef B. A Focus on Particulate Matter and Health. Environmental Science and Technology [Internet] 1.6.2009. [citirano: 12.4.2022.]; 2009.; 43: 4620-4625. Dostupno na: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/es9005459>
21. Who.int [Internet]. World Health Organization: WHO global air quality guidelines. [ažurirano: 22.9.2021.; citirano: 2.5.2022.]. Dostupno na: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240034228?ua=1>
22. Bohme G. Atmosphere. Online Encyclopedia Philosophy of Nature [Internet]. 7.6.2021. [citirano: 2.5.2022.]; 2021. ISSN 2629-8821. Dostupno na: <https://journals.ub.uni-heidelberg.de/index.php/oepl/article/view/80607/74783>

23. Singh HB. Composition, Chemistry, and Climate of the Atmosphere. 1st ed. New York: Van Nostrand Reinhold, 1995.; p. 20-89
24. Budiša M, Vasiljević R, Jerković D, Vulinović S. Mjerenje emisija i sastava odlagališnog plina na odlagalištima komunalnog otpada. 2009.
25. Mustapić N, Polović I, Staniša B. Mogućnosti energetskog iskorištavanja odlagališnog plina. Sigurnost [Internet] 2008. [citirano: 2.5.2021.]; 2008.; 2: 113-122. Dostupno na: <https://hrcak.srce.hr/file/39367>
26. Zzjzpgz.hr [Internet]. Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko-goranske županije. Kvaliteta zraka (monitoring) [ažurirano: 17.5.2022.; citirano: 18.5.2022.]. Dostupno na: <https://zzjzpgz.hr/usluge/monitoring/kvaliteta-zraka/>
27. Haop.hr [Internet]. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. Kvaliteta zraka u Republici Hrvatskoj, Godišnja izvješća lokalnih mreža – Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Marišćina u 2021. godini. [ažurirano: 3.1.2022.; citirano: 5.6.2022.]. Dostupno na: <http://iszz.azo.hr/iskzl/godizvrpt.htm?pid=0&t=2>
28. Pravilnik o praćenju kvalitete zraka (NN 72/20)
29. Haop.hr [Internet]. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. Kvaliteta zraka u Republici Hrvatskoj, Godišnja izvješća lokalnih mreža – Izvještaj o praćenju kvalitete zraka na području ŽCGO Marišćina u 2019. godini. [ažurirano: 3.1.2022.; citirano: 1.7.2022.], Dostupno na: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=105517>
30. Haop.hr [Internet]. Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja. Kvaliteta zraka u Republici Hrvatskoj, Godišnja izvješća lokalnih mreža – Godišnje izvješće o rezultatima praćenja kvalitete zraka na automatskoj postaji za praćenje kvalitete zraka Kaštijun u 2019. godini. [ažurirano: 3.1.2022.; citirano: 1.7.2022.], Dostupno na: <http://iszz.azo.hr/iskzl/datoteka?id=107217>

7. Popis skraćenica i akronima

CGO – Centar za gospodarenje otpadom

VRH – Vlada Republike Hrvatske

NN – Narodne novine

PM_{2,5} – lebdeće čestice aerodinamičkog promjera 2,5 μm (fine lebdeće čestice)

PM₁₀ – lebdeće čestice aerodinamičkog promjera 10 μm (grube lebdeće čestice)

SZO – Svjetska zdravstvena organizacija

GV – granična vrijednost

CV – ciljna vrijednost

ROS – reaktivni kisikovi spojevi

FZOEU – Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost

HAA – Hrvatska akreditacijska agencija

MBO – mehaničko-biološka obrada otpada

GIO – gorivo iz otpada

BTX-spojevi – benzen, toluen, ksileni

AP – automatska imisijska postaja

AMP – automatska mjerna postaja

8. Životopis

Zovem se Deni Kurelić, rođen sam 12. svibnja 1996. godine u Rijeci. Osnovnoškolsko obrazovanje stekao sam u Osnovnoj školi Pehlin u periodu od 2003. do 2011. g., nakon čega upisujem Prvu sušačku hrvatsku gimnaziju u Rijeci i pohađam je do polovice 2015.godine. Narednih godinu dana obrazovanje nastavljam na Preddiplomskom sveučilišnom studiju strojarstva na Tehničkom fakultetu u Rijeci, no 2016. godine upisujem Preddiplomski sveučilišni studij Sanitarnog inženjerstva na riječkom Medicinskom fakultetu. Završetkom preddiplomskog studija 2020. godine upisujem Diplomski sveučilišni studij Sanitarnog inženjerstva na Medicinskom fakultetu u Rijeci.