

Kvaliteta zraka u funkciji zaštite okoliša

Škrinjarić, Miroslav

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Karlovac University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:777141>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**



VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
Karlovac University of Applied Sciences

Repository / Repozitorij:

[Repository of Karlovac University of Applied Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

**SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI
STRUČNI STUDIJ
SIGURNOSTI I ZAŠTITE**

MIROSLAV ŠKRINJARIĆ

**KVALITETA ZRAKA U
FUNKCIJI
ZAŠTITE OKOLIŠA**

ZAVRŠNI RAD

KARLOVAC, 2015.

Veleučilište u Karlovcu
Odjel Sigurnosti i zaštite
Specijalistički diplomski stručni studij Sigurnosti i zaštite

Miroslav Škrinjarić

Kvaliteta zraka u funkciji zaštite okoliša

Završni rad

Mentor:

Dr. sc. Zlatko Jurac, prof. v. š.

Karlovac, 2015.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU
ODJEL SIGURNOSTI I ZAŠTITE

ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

Student: Miroslav Škrinjarić

Matični broj: 0420413029

Naslov teme: Kvaliteta zraka u funkciji zaštite okoliša

Opis zadatka:

1. Uvod
2. Karakteristike zraka
3. Zagađenje zraka i okoliš
4. Kvaliteta zraka povezana sa Zakonskom regulativom
5. Zaključak
6. Literatura

Zadatak zadan:

02. 2015.

Rok predaje rada:

05. 2015.

Predviđeni datum obrane:

05. 2015.

Mentor:

Dr. sc. Zlatko Jurac, prof. v. š.

Predsjednik ispitnog povjerenstva:

Dr. sc. Nikola Trbojević, prof. v. š.

PREDGOVOR

Zahvaljujem se profesorima Veleučilišta u Karlovcu, sa Specijalističkog diplomskog stručnog studija Sigurnosti i zaštite na zalaganju u prenošenju stručnih znanja iz područja Sigurnosti i zaštite. Posebno sam zahvalan svome mentoru dr. sc. Zlatku Jurcu, prof. v. š. koji mi je dao smjernice i stručnu pomoć pri izradi ovog završnog rada, kao i na podršci tijekom cjelokupnog studija.

Hvala Vam!

SAŽETAK

Ovaj Završni rad sastoji se od nekoliko cjelina u kojima su opisane i definirane karakteristike zraka, faktori koji utječu na njegovo onečišćenje, kao i njegov utjecaj na okoliš.

Također sam prikazao i Zakonsku regulativu koja određuje njegove kategorije kvalitete i njegov utjecaj na čovjekovo zdravlje i prirodu koja nas okružuje.

SUMMARY

This thesis consists of several modules which describe and define the characteristics of the air, the factors that influence its pollution and its impact on the environment.

I also presented the legislation which determines its categories of quality and its impact on human health and the nature that surrounds us.

Sadržaj

1. Uvod	2
2. Karakteristike zraka	3
2.1 Kemijska svojstva zraka	4
2.2 Fizikalna svojstva zraka	6
3. Zagađenje zraka i okoliš	8
3.1 Kisele kiše	10
3.2 Globalno zatopljenje	13
3.3 Efekt staklenika	15
3.4 Utjecaj onečišćenog zraka na ljudski organizam	18
3.5 Sporazum iz Kyota	21
3.6 Izvori onečišćenja zraka i kategorije kvalitete zraka	22
4. Kvaliteta zraka povezana sa Zakonskom regulativom	24
4.1 Kriteriji primjenjeni pri ocjenjivanju kvalitete zraka	26
4.2 Zone i aglomeracije potrebne za praćenje kvalitete zraka	30
4.3 Analiza podataka i ocjena onečišćenosti zraka u zonama i aglomeracijama po onečišćujućim tvarima	32
4.4 Sumarna ocjena onečišćenosti (nesukladnosti) zona i aglomeracija po onečišćujućim tvarima	47
4.5 Prikaz stanja kvalitete zraka po onečišćujućim tvarima	50
5. Zaključak	53
6. Literatura	54

1. UVOD

Zrak je plinoviti omotač koji okružuje Zemlju i tvori atmosferu. Zajedno s oceanima atmosfera u velikoj mjeri utječe na klimatske i vremenske prilike na Zemlji, kao i na naseljenost pojedinih dijelova Zemlje.

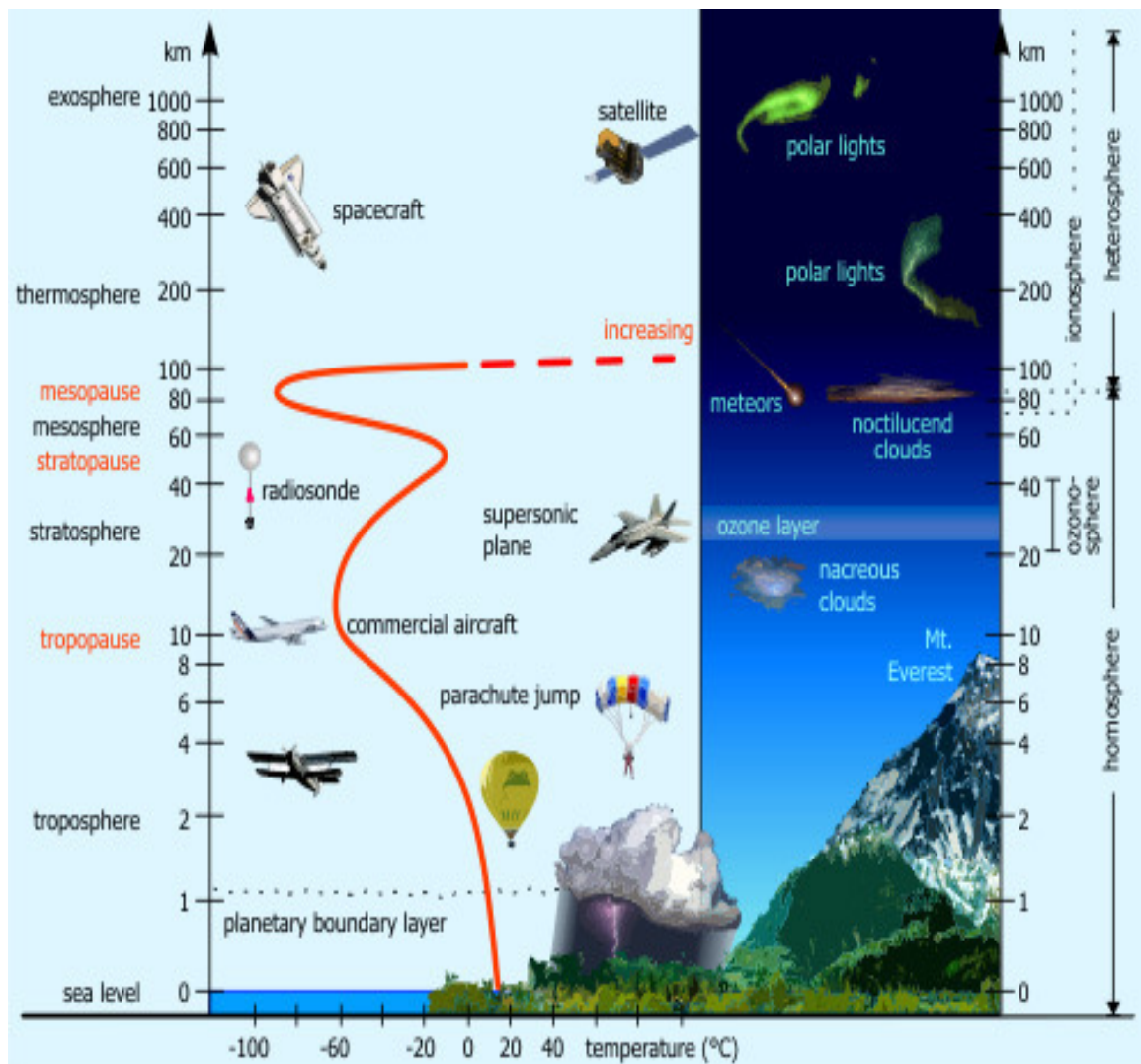
Osnova ljudskog preživljavanja sastoji se od tri čimbenika: zrak, voda i hrana. I dok bez hrane možemo preživjeti čak i nekoliko tjedana, bez vode nekoliko dana, bez zraka možemo preživjeti samo nekoliko minuta. Čovjek svakog dana udahne oko 20 000 litara zraka, a ujedno i sve veću koncentraciju štetnih i otrovnih materija, kao proizvod industrijalizacije, transporta, ali i svakodnevnih ljudskih aktivnosti. Zagađenje zraka može biti plinovima ili sitnim česticama, a negativan utjecaj ima na ljudsko zdravlje, životinjski i biljni svijet kao i ekosisteme. Zagađenje zraka veće je u urbanim sredinama, a uslijed strujanja zraka lako se kreće i širi. Iz toga proizlazi da je neopisivo važno kontrolirati kvalitetu zraka koju udišemo.

Istraživanje kakvoće zraka uključuje efekte kakvoće zraka na zdravlje ljudi, okoliš i klimu. Čovjek djeluje na atmosferu dvojako. Svjesno, kad želi izazvati određene promjene u atmosferi koje mu odgovaraju i nesvjesno ili nehotično, izgradnjom naselja i industrije, pri čemu se uopće ne obazire na okoliš u nastojanju da što brže, lakše i jeftinije zadovolji svoje potrebe za hranom, energijom i udobnijim životom. Posljedica sve intenzivnijih ljudskih aktivnosti u današnje doba je povećana razina stakleničkih plinova u troposferi, što dovodi do postepenog povećanja prosječne temperature na površini Zemlje. Općenito, povećanje prosječne temperature Zemljine atmosfere i oceana zabilježeno u 20. stoljeću poznato je pod nazivom globalno zagrijavanje.

Kvaliteta zraka koji nas okružuje ima iznimnu važnost kako sa zdravstvenog tako i s gospodarskog stajališta. U cilju sprečavanja ili ublažavanja mogućih štetnih posljedica onečišćenog zraka definirano je više mehanizama s aspekta zakonodavstva, mjeriteljstva i obavješćivanja. Mjere za zaštitu i poboljšanje kvalitete zraka u Republici Hrvatskoj uređene su Zakonom o zaštiti zraka (NN 130/11, 47/14), Zakonom o zaštiti okoliša (NN 80/2013), te nizom provedbenih propisa donesenih na temelju tih zakona.

2. KARAKTERISTIKE ZRAKA

Zrak je naziv za mješavinu plinova koji tvore Zemljinu atmosferu, te jedan od osnovnih životnih uvjeta, potreban prije svega za disanje i fotosintezu. Životinje, biljke i čovjek udišu kisik ali biljkama je potreban i ugljikov dioksid za fotosintezu. Topliji zrak je lakši od hladnijeg te se on diže gore, a hladniji se spušta dolje. Na velikim visinama nalazi se vrlo malo zraka, a u svemiru ga nema.



Slika 1. Vertikalni prikaz atmosfere

Izvor: <http://matrixworld.com/>

Zemljina atmosfera je sloj plinova koji okružuju planet Zemlju i koji zadržava Zemljina gravitacija. Atmosfera štiti život na Zemlji apsorbirajući ultraljubičasto Sunčevo zračenje i štiti od opasnih kozmičkih zraka, te smanjuje temperaturne ekstreme između dana i noći. Da nema atmosfere dnevna temperatura bi bila preko 100 C°, a noćna ispod -100 C°. Atmosfera ne završava naglo, ona polagano postaje rjeđa i postupno nestaje u svemiru. Tri četvrtine mase atmosfere nalazi se unutar 11 km od površine planeta.

Karakteristike zraka moguće je prikazati kroz njegova kemijska i fizikalna svojstva.

2.1 Kemijska svojstva zraka

Suhi zrak sadrži (po obujmu) 78,08% dušika, 20,95% kisika, 0,93% argona i ostalih plinova u manjim količinama, kao što su staklenički plinovi od kojih su najznačajniji vodena para, ugljikov dioksid, metan, dušikovi oksidi i ozon.

Tablica 1. Kemijski sastav suhog zraka

Kemijski sastav suhog zraka, po obujmu	
Plin	Obujam
Dušik (N ₂)	78,084%
Kisik (O ₂)	20,946%
Argon (Ar)	0,9340%

Ugljikov dioksid (CO ₂)	0,039%
Neon (Ne)	0,001818%
Helij (He)	0,000524%
Metan (CH ₄)	0,000179%
Kripton (Kr)	0,000114%
Vodik (H ₂)	0,000055%
Dušikov suboksid (N ₂ O)	0,00003%
Ugljikov monoksid (CO)	0,00001%
Ksenon (Xe)	0,000009%
Ozon (O ₃)	0 do $7 \cdot 10^{-6}$ %)
Dušikov dioksid (NO ₂)	0,000002%
Jod (I ₂)	0,000001%
Amonijak (NH ₃)	u tragovima
Nije uključeno u gornji suhi zrak:	

Vodena para (H ₂ O)	~0.40% po cijeloj atmosferi, uglavnom 1%-4% na površini
--------------------------------	---

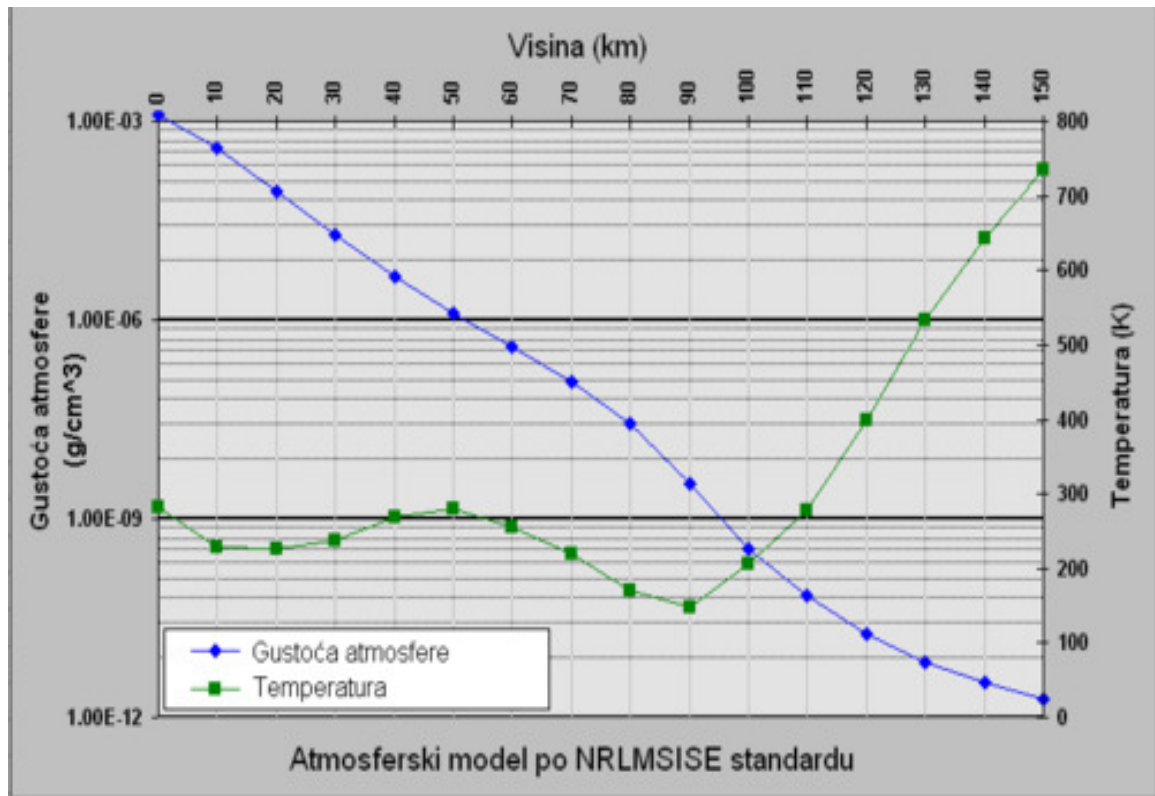
2.2 Fizikalna svojstva zraka

Fizikalna svojstva zraka izražavaju se veličinama kao što su: tlak, gustoća i masa. Atmosferski tlak je izravna posljedica težine zraka. To znači da se tlak zraka razlikuje s mjestom i vremenom jer se količina (i težina) zraka iznad Zemlje isto tako razlikuju. Atmosferski tlak se smanjuje za ~50% na visini od oko 5 km (jednako se i oko 50% ukupne mase atmosfere nalazi unutar najnižih 5 km). Prosječni atmosferski tlak izmjeren na morskoj razini iznosi oko 101,3 kilopaskala (kPa).

Gustoća zraka na morskoj razini iznosi oko 1,2 kg/m³. Kao posljedice vremena javljaju se prirodne razlike u barometrijskom tlaku na bilo kojoj visini. Ta razlika je relativno malena za naseljene visine ali je mnogo više izražena u vanjskoj atmosferi i svemiru zahvaljujući promjenjivom Sunčevom zračenju. Gustoća zraka se smanjuje s povećanjem nadmorske visine, budući se i tlak zraka smanjuje. Ona se mijenja i s promjenom temperature i vlažnosti zraka.

Ukupna masa atmosfere iznosi oko $5,1 \times 10^{18}$ kg, ili oko 0,00009 % Zemljine ukupne mase. S obzirom na raspodjelu mase, vrijedi:

- 50% mase atmosfere se nalazi do visine od 5,6 km
- 90% mase atmosfere se nalazi do visine od 16 km
- 99,99997% mase atmosfere se nalazi do visine od 100 km



Slika 2. Atmosferski tlak i gustoća zraka

Izvor: <http://hr.wikipedia.org/>

3. ZAGAĐENJE ZRAKA I OKOLIŠ

Izgaranjem fosilnih goriva velik dio oslobođene energije beskorisno odlazi u atmosferu, a tek se manji dio pretvara u koristan rad. Produkti izgaranja su vrlo opasni plinovi (sumporni dioksid) koji onečišćuju zrak. Rafinerije nafte u atmosferu otpuštaju amonijak, različite organske kiseline, sumporni oksid, spojeve ugljikovodika. Veliki su zagađivači zraka i nadzvučni zrakoplovi koji ispuštaju puno dušikovih oksida, a motorna vozila u atmosferu otpuštaju znatne količine ugljičnog dioksida, ugljičnog monoksida i dušikovog oksida.

U većim gradovima i industrijskim središtima zdravstveni problem predstavljaju dim, čađa i smog. Mjerenja Državnog zavoda za meteorologiju pokazuju da 60 % sumpornog dioksida dolazi iz susjednih, industrijski razvijenih zemalja. Zagađenost zraka nije problem nekog određenog područja jer strujanjem zraka zagađuju se sva područja. Dušikovi i sumporovi oksidi izgaranjem fosilnih goriva odlaze u zrak i miješaju se s kišom, što uzrokuje **kisele kiše**. One uzrokuju koroziju metalnih i kamenih predmeta, promjene na lišću, mijenjaju sastav tla, zagađuju rijeke, potoke, jezera i cijeli ekosustav vodenog staništa.



Slika 3. Zagađenje iz industrije

Izvor: <http://hr.wikipedia.org/>

Veliki zagađivači zraka su i freoni (umjetne tvari koje se primjenjuju u hladnjacima i sprejevima). Ispušteni u atmosferu izazivaju njezino zagrijavanje. Zbog freona u stratosferi nastaju ozonske rupe, jer freoni razaraju ozon koji štiti Zemlju od prodora ultraljubičastih zraka. Kako klima postaje toplija, Zemljin ekosustav postaje sve sušniji, pa time i podložniji požarima. Čovjek, koji je uvelike pridonio globalnom zatopljenju uništavanjem zelenih staništa za račun širenja gradova, industrijalizacije, ekspanzivnog poljodjelstva i stalnog porasta potrošnje energije za pogon automobila i kućne potrebe, danas zbog toga plaća veliku cijenu.

Globalno zagrijavanje je ekološki problem koji utječe na život na planetu Zemlji. Ovo zagrijavanje, tj. porast globalne temperature prouzrokovano je **efektom staklenika**, odnosno slojem plina ugljikova dioksida koji se (prekomjerno emitiran kao posljedica ljudskih aktivnosti) akumulirao u središnjem dijelu atmosfere i ne dozvoljava da se toplina, koja se generira procesima na Zemlji, ispusti u svemir, nego se vraća nazad na Zemljinu površinu. Mi posljedice ovog problema osjećamo svakodnevno, a osim porasta temperature, dolazi do promjena u biološkim procesima, topljenja ledenih santi, podizanja nivoa mora, promjene staništa biljaka i životinja uslijed adaptacije na nove klimatske uvjete. Nastavi li se povećavati količina ispuštenoga ugljičnog dioksida, površina mora mogla bi postati kiseliya nego ikad prije u posljednjih 300 milijuna godina (osim u razdobljima globalnih katastrofa). Osim toga, pokazalo se da se biološka produktivnost oceana nakon osamdesetih godina 20. stoljeća smanjila za 6%. Kako se povećava količina ugljičnog dioksida u atmosferi, sve veća količina toga plina reagira s morskom vodom, zbog čega nastaju bikarbonati i ioni vodika, a to povećava kiselost površinskoga sloja mora. Eksperimentima se pokazalo da će atmosferski CO₂ postići najveću vrijednost do 2300. godine s 1900 ppm, što je pet puta više nego danas. Zbog toga će pH vrijednost površinskoga sloja mora pasti na 7,4 i ostat će na toj razini nekoliko stotina godina. Još nije jasno što bi takva dramatična promjena kiselosti mora značila za život u moru, no poznato je da kisela sredina uzrokuje razgradnju karbonata, pa bi najranjivije životinje bile one s ljušturam od kalcijeva karbonata ili egzoskeletom, a to su koralji i neke alge.

3.1 Kisele kiše

Kisele kiše su padaline zagađene sumporovim dioksidom, dušikovim oksidima i drugim kemijskim spojevima. Dok se normalna pH vrijednost kiše nalazi otprilike oko 5,5, pH vrijednost kisele kiše iznosi u prosjeku 4 do 4,5. To otprilike odgovara 40 puta većoj količini kiseline u odnosu na neopterećenu kišnicu. Smanjenje pH vrijednosti za jednu mjeru znači prirast kiselosti za deseterostruko. Glavnu odgovornost za opterećenja uzrokovana kiselim kišama snose termoelektrane, dim iz kućanstva i ispušni plinovi u prometu. Štete nastale djelovanjem kiselih kiša obično nastaju sasvim daleko od stvarnih štetnih izvora. Ako pH vrijednost u inače jako čistim brdskim potocima i jezerima prijeđe u kiselo područje može doći do izumiranja riba i drugih organizama. Dospije li kisela kiša u tlo oslobađaju se teški metali koji mogu opteretiti podzemne vode, a time i pitku vodu. Na taj način se čovjek izlaže pojačanom unošenju teških metala u organizam. Ispitivanja pokazuju da sumporna i dušična kiselina snose najveću odgovornost za kiselost kiše. U tlu kiseline započinju svoje štetno djelovanje. Kisela kiša prije svega štetno djeluje na oskudne brdske predjele, jer kiselina otapa hranjive tvari, kao npr. kalcij, iz tankog sloja humusa, pa stabla ostaju bez kalcija koji im je prijeko potreban za izgradnju njihovih stanica. Kiseline izravno oštećuju korijenje stabala ili vodom dospjevaju u lišće ili iglice drveća, te oštećuju njihova tkiva. Posljedica djelovanja kiselina na lišće i iglice su mrlje smeđkaste boje.



Slika 4. Izumiranje šuma usljed kiselih kiša

Izvor: [http:// www.ekologija.com.hr/](http://www.ekologija.com.hr/)

Politika izgradnje visokih dimnjaka. Jednostavno rečeno, radi se o zabrani gradnje visokih tvorničkih dimnjaka, jer su brojna istraživanja dokazala njihovu štetnost. Proračuni pokazuju da je čak 96% taloženja nitrata i sulfata na području Gorskog kotara rezultat regionalnog (Istra i Hrvatsko primorje), odnosno prekograničnog (Italija) donosa dušika i sumpora. Visoki dimnjak TE "Plomin 2" rasterećuje labinsko područje, ali opterećuje Gorski kotar. Isto to rade brojni visoki dimnjaci u Italiji. I dalje se nastavlja s uzlaznim trendom propadanja šumskog ekosustava Gorskog kotara. Nitko od onih koji odlučuju o razvoju i zaštiti okoliša nije zainteresiran za problem ugrožavanja i propadanja prirodnih resursa (šume, tlo, vode i dr.) i za to da se na području Gorskog kotara kiselost tla uslijed kiselih kiša povećala u posljednjih 25 godina preko 100 puta, te da je tlo u Gorskom kotaru znatno opterećenoteškim metalima i kiselinama.



Slika 5. Plomin 2

Izvor: <http://hr.wikipedia.org/>

Štetno je djelovanje kiselih kiša i na građevine. Višak protona u kišnici prouzrokuje pojačano raspadanje kamenja, što znači da se ubrzava trošnost. Tako na primjer vapnenac reagira sa sumpornom kiselinom u gips. Time se kamenje drobi. Na sličan način se pijesak razgrađuje. Na taj način se mnogobrojni kulturni spomenici i stare crkve nepovratno uništavaju.

Štetno je djelovanje kiselih kiša i na jezera. U Skandinavskim jezerima se pojavila pH vrijednost vode 3. To vodi do izumiranja mikroorganizama i biljki i na kraju cijelog ekosustava. Ako u jezera utječu rijeke koje su prije toga prolazile kroz kiselu šumska tla, dodatno se pojačava smanjivanje pH vrijednosti.

Kisele kiše stvaraju i problem pitke vode. Zagađenje voda predstavlja najkompleksniji globalni problem. Svako zagađenje koje se emitira u životnu sredinu dopire do podzemnih voda, rijeka, jezera i mora. Zagađenje iz zraka kiselim kišama prenosi se do tla ili vodenih površina. Zagađenja zemlje slivaju se u površinske i podzemne vodene tokove. Rijeke i jezera su pod konstantnim pritiskom zagađenja otpadnim vodama iz urbanih sredina, kemijskim otpadom iz industrije i transporta, pesticidima sa poljoprivrednih površina, i sl. Velike količine organske tvari koja otpadnim vodama dopijeva do rijeka, jezera i mora izaziva proces eutrofikacije čija su posljedice mutnoća, povišena temperatura, nekontrolirana primarna produkcija, smanjenje rastvorenog kisika i pomor ribe i drugih organizama. Iako je 70% planeta Zemlje pokriveno vodom, samo 2% te vode predstavlja resurs slatke vode, a prekomjernom eksploatacijom i zagađenjem prouzrokovano je smanjenje zaliha pitke vode na globalnom nivou. Analogno navedenom, doći će do porasta kancerogenih oboljenja probavnog trakta stanovnika koji piju zagađenu vodu, što slijedi iz porasta sadržaja nitrata u podzemnim i površinskim vodama i mišljenja medicinskih stručnjaka objavljenih u medicinskim leksikonima i publikacijama Svjetske zdravstvene organizacije.

1980-ih godina prošlog stoljeća se brujalo o "kiseloj kiši". U međuvremenu se činilo da se ta tema zaboravila, no kisele kiše i dalje postoje. Iako je većina mrtvih stabala posječena i šume ponovo pošumljene, ipak uzroci još dugo nisu odstranjeni. U procesima sagorijevanja u industriji i sagorijevanju ispušnih plinova u prometu i dalje nastaju plinovi kao što su sumpor-dioksid i dušik-oksidi koji tim putem dopijevaju u okolinu. S vodom iz kišnih kapi ovi plinovi reagiraju stvarajući kiseline. pH vrijednost kišnih kapi se prebacuje u kiselo područje. Stručnjaci predviđaju da će se u godini 2020. za trećinu manje sumpornih-oksida ispuštati u zrak nego u godini 1980., ali da će se u području Azije njihova emisija u tom vremenskom periodu više nego udvostručiti. Još štetniji su dušik-oksidi koji u okolinu dopijevaju najvećim dijelom kao ispušni plinovi u prometu. Paralelno sa svjetskim prirastom prometa stručnjaci očekuju prirast i ovih plinova na svim kontinentima.

Dakle, opasnost od kiselih kiša još nije prošla. Štoviše, brzi razvoj industrije i prirast prometa će kišu i na drugim kontinentima učiniti kiselom. Teško je i zamisliti koji učinak bi kisele kiše imale na tropske šume.

3.2 Globalno zatopljenje

Globalno zatopljenje ili globalno zagrijavanje je postupno zagrijavanje Zemljine površine i najdonjih slojeva atmosfere uzrokovano učinkom staklenika, što dovodi i do globalnih promjena klime. Klima se mijenjala i u Zemljinoj prošlosti, no smatra se da sadašnje globalno zagrijavanje nastaje zbog povećanih emisija stakleničkih plinova. Na osnovi mišljenja velikog broja znanstvenika – sadržanih u izvještaju Međuvladinoga panela o promjenama klime objavljenog u 2000. i 2001. godini, temeljenoga na klimatskim modelima kao i na podrobnoj analizi temperaturnih prilika te promjena ledenog omotača na Zemlji, koja pokazuje neupitno zatopljenje posljednjih stotinu godina – smatra se da bi do 2100. godine temperatura zraka bila viša čak za 1,5 do 5,8 °C, ovisno o stupnju povećanja stakleničkih plinova. To bi dovelo do velikih i za neke dijelove čovječanstva katastrofalnih posljedica: zbog topljenja ledenjaka i snježnoga pokrivača došlo bi do podizanja razine mora, koje bi preplavilo mnoga obalna naselja, posebno otočkih država, povećanog broja vremenskih nepogoda u mnogim dijelovima svijeta (ciklona, uragana, poplava), premještanja tropskih uvjeta prema sjeveru i do pojave sušnih razdoblja na području Sredozemlja, a sjevernije od njega do znatnog povećanja količine oborina. Valja upozoriti i na negativne učinke visokih temperatura na zdravlje ljudi, kao što su širenje nekih infektivnih bolesti koje se pojavljuju samo u toplim područjima (malarija, žuta groznica, encefalitis), premještanje mnogih biljnih i životinjskih vrsta prema sjeveru pa i nestanak cijelih takvih životnih zajednica. Jedinstveno je mišljenje da se takav očekivani razvoj može usporiti i promijeniti samo drastičnim smanjenjem emisije stakleničkih plinova, prije svega ugljikova dioksida i dušikovih spojeva.

Dok za primarni i najveći uzrok globalnog zatopljenja postoji znanstveno slaganje, za dugoročne posljedice postoji nekoliko hipoteza, jer su trenutni računalni modeli preslabi za rješavanje takvih problema. Znanstveno slaganje u većem dijelu zajednice jest da su globalnom zatopljenju prvenstveni razlozi čovjekov utjecaj na emisije ugljikovog

dioksida i metana i ostalih stakleničkih plinova od strane industrijskih postrojenja u razvijenim zemljama, te krčenje šuma (deforestacija) velikih područja na Zemlji. Prema toj teoriji povećana koncentracija tih plinova dovodi do tzv. učinka staklenika u atmosferi. Pod pritiskom pokreta za zaštitu okoline mnoge su vlade prihvatile tu teoriju i potpisale Protokol iz Kyota čiji je cilj smanjivanje emisije tih plinova.

Zadnjih godina čovječanstvo ispušta u atmosferu preko 8 milijardi tona CO₂ godišnje. Najveći dio apsorbiraju oceani (postajući tako kiseliji), a manji dio šume. Ostatak se gomila u atmosferi, pojačavajući tako efekt staklenika. Ostali značajni staklenički plinovi su metan, dušikovi oksidi i halogenirani ugljikovodici. Velike količine metana stvaraju velika krda stoke svojim procesom probave, antropogeni dušikovi oksidi nastaju u proizvodnji umjetnih gnojiva, a halogenirani ugljikovodici u procesima proizvodnje polimera i specijalnih plinova za hlađenje.



Slika 6. Grinnell Glacier 1938. g.

Izvor: <http://azo.com.hr/>

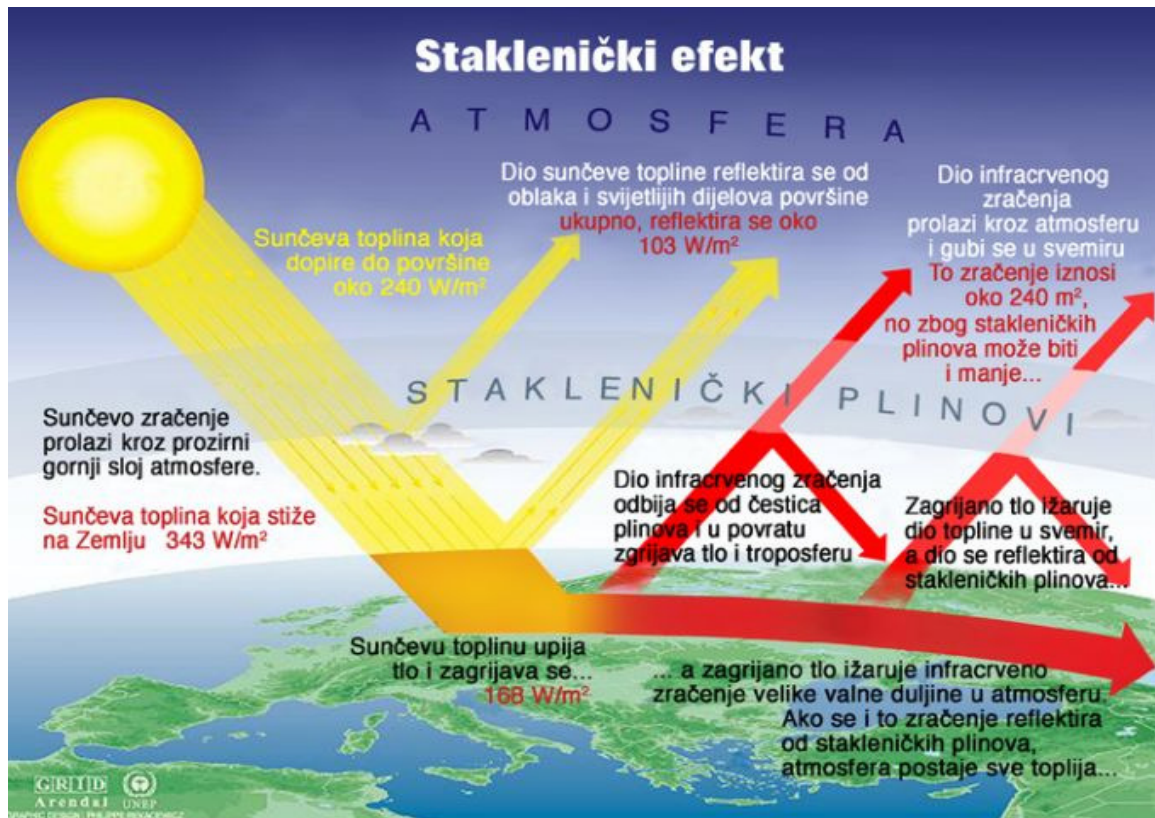


Slika 7. Grinnell Glacier 2009. g.

Izvor: <https://azo.com.hr/>

3.3 Efekt staklenika

Efekt staklenika je proces koji održava uravnoteženu temperaturu koja pak omogućuje život na Zemlji. Sličan proces odvija se u stakleniku pa otuda i naziv. Točna definicija efekta staklenika je da je to proces gdje toplinsko zračenje sa površine Zemlje se adsorbira u atmosferi, a adsorbiraju ga staklenički plinovi te dolazi do ponovnog zračenja u svim smjerovima. Dio tog zračenja dolazi natrag u niže slojeve atmosfere i na Zemljinu površinu što dovodi do toga da je temperatura u tim dijelovima viša nego da dolazi samo solarno zračenje.



Slika 8. Staklenički efekt

Izvor: [https:// ekologija.com.hr /](https://ekologija.com.hr/)

Sunčevo zračenje prolazi kroz prozirni gornji sloj atmosfere. Na svom putu do Zemlje dio sunčeve topline reflektira se od oblaka i svjetlijih dijelova površine. Veći dio sunčeve topline upija tlo i zagrijava se. Zagrijano tlo izlazuje infracrveno zračenje velike valne duljine u atmosferu. Dio infracrvenog zračenja odbija se od čestica plinova i u povratu zagrijava tlo i troposferu., a dio IC zračenja prolazi kroz atmosferu i gubi se u svemiru. Zagrijano tlo izlazuje dio topline u svemir, a dio se reflektira od stakleničkih plinova i atmosfera postaje sve toplija.

Od ukupne količine solarnog zračenja, koje dopijeva na Zemlju, 30% se reflektira natrag u svemir dok ostalih 70% apsorbiraju tlo, zrak i oceani, te tako dolazi do zagrijavanja zemljine površine i atmosfere. Ovo zagrijavanje omogućava povoljne uvjete za održavanje života na našoj planeti. Kako se zemljina površina i zrak zagrijavaju, tako emitiraju infracrveno toplinsko zračenje, koje najvećim dijelom završava u svemiru, što omogućava hlađenje Zemlje. Kao što staklo u staklenicima dopušta ulazak sunčeve svjetlosti, ali sprječava gubitak infracrvenog toplinskog zračenja iz staklenika, tako i ovi

plinovi, nazvani "staklenički plinovi", imaju sposobnost zarobljavanja topline u zemljinoj atmosferi. Ovaj proces omogućava povoljne životne uvjete, jer bi bez njega prosječna temperatura na površini Zemlje bez ovog procesa bila znatno niža (oko -18°C), nego što jest ($+15^{\circ}\text{C}$). Zbog svojih temperatura, koje su slične temperaturi Zemlje, atmosfera emitira u infracrvenom području. Zato je na primjer, kada je noć bez oblaka, tlo se brže hladi nego kada je oblačno. Staklenički plinovi su upravo ti plinovi, koji upijaju pa zatim emitiraju zračenje, održavajući temperaturu Zemlje i manje razlike u temperaturama između dana i noći. Neki od njih upijaju i emitiraju samo u infracrvenom području, i na njih ne utječe Sunčevo zračenje, a to su upravo ugljikov dioksid CO_2 i vodena para H_2O . Kada je previše stakleničkih plinova, oni sprječavaju hlađenje Zemlje u infracrvenom području, koje bi trebalo zračiti u svemir. Ta neravnoteža dovodi do prisutnih klimatskih promjena.

Najvažniji staklenički plinovi su:

- Vodena para (H_2O)
- Ugljikov dioksid (CO_2)
- Metan (CH_4)
- Didušikov oksid (N_2O)
- Klorofluorougljici (freoni)
- Ozon (O_3) u troposferi
- Sumporni dioksid (SO_2)

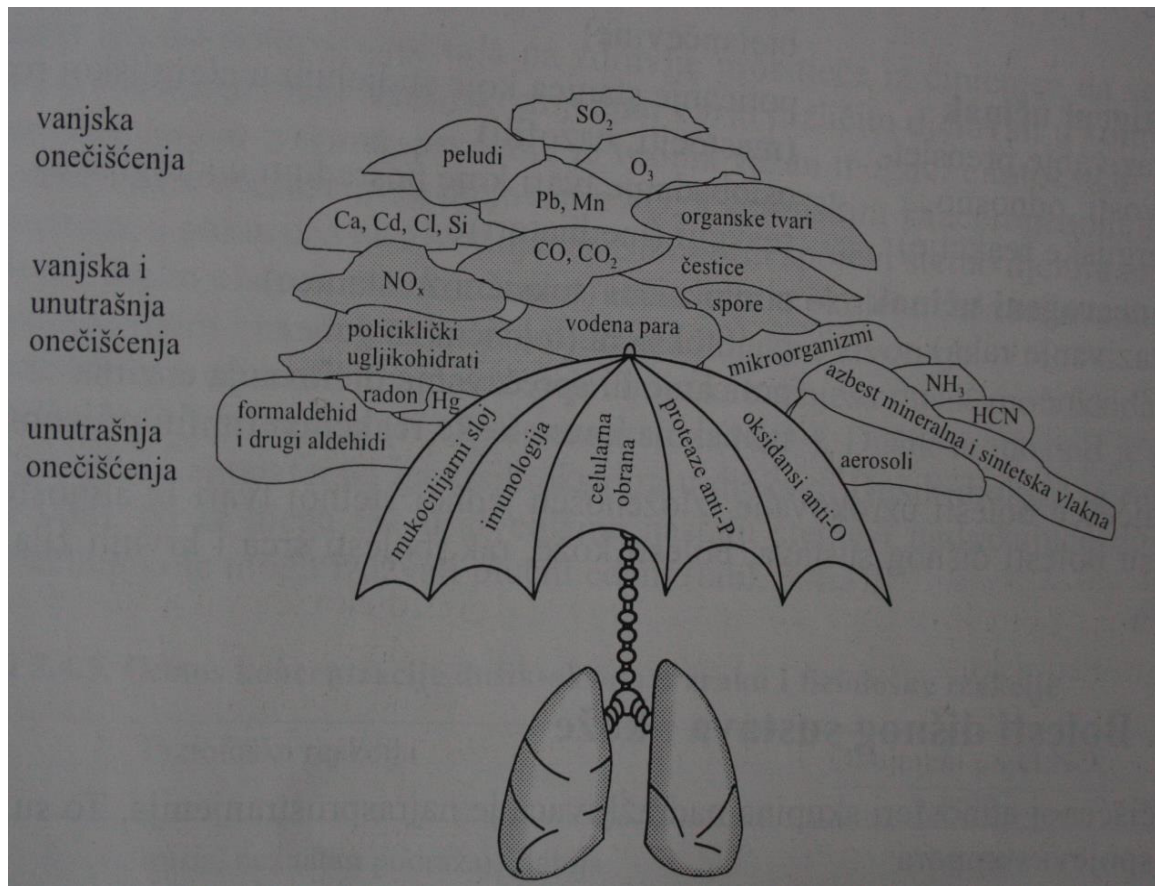
Svi staklenički plinovi u atmosferi se pojavljuju u vrlo malim udjelima. Otprilike 60 do 70% efekta staklenika posljedica je vodene pare, ugljičnog dioksida, metana, dušikovog oksida i freona.

Kao glavni krivac do sada je proglašavan ugljični dioksid (CO_2), čija je koncentracija u atmosferi podignuta izgaranjem fosilnih goriva (ugljena, nafte, plina). No, zadnja istraživanja ukazuju na to da **ugljični dioksid nije najveći uzročnik zatopljenja!** Zahvaljujući mjehurićima zraka zarobljenim u polarnom ledu bilo je moguće odrediti sastave atmosfere od 1850. godine do danas. Rezultati pokazuju da je promjena klime zadnjih dvadesetak godina najvećim dijelom uzrokovana troposferskim ozonom (O_3), metanom (CH_4), klorofluorougljicima (CFC), i vrlo sitnim česticama čađi! Troposfera je dio atmosfere koji se proteže do 10 km visine.

3.4 Utjecaj onečišćenog zraka na ljudski organizam

Zrak je jedan od čimbenika okoliša s najvećim utjecajem na ljudsko zdravlje. Zrak udišemo neprestano, a njegovo zagađenje se u većini slučajeva osjeti odmah te ga je nemoguće ignorirati. Zrak ima presudan utjecaj na kvalitetu života pa ne čudi velik interes javnosti za kvalitetu zraka, kao ni veliko nezadovoljstvo u situacijama kada je ta kvaliteta narušena.

Onečišćenje zraka ne oštećuje jednako sva tkiva, odnosno sve stanice ljudskog organizma. Učinak ovisi o koncentraciji i trajanju djelovanja onečišćenja, njegovim fizikalno-kemijskim svojstvima, mjestu djelovanja i zdravstvenom stanju organizma. Onečišćujuće tvari iz zraka ulaze u organizam kroz dišni sustav, kožu i probavni sustav. Mnoge organske tekućine, plinovite pa i čvrste tvari mogu proći kroz neoštećenu kožu. Čvrste tvari raspršene kao prašina i dimovi mogu se apsorbirati kroz pluća, ali se mogu i prenijeti s ruku na hranu i ući u probavni sustav. Sluznica dišnog sustava s alveolarnom površinom pluća, najizloženija je i najosjetljivija, tako da onečišćenje zraka djeluje najviše preko dišnog sustava. Zagađenje zraka povezano je s cijelim nizom zdravstvenih problema – od blagih do fatalnih, od akutnih do kroničnih. Čovječji organizam različito reagira na štetne tvari. Neke tvari izazivaju akutni učinak već pri prvoj izloženosti, druge pokazuju toksični učinak nakon nekoliko dana ili tjedana ili nakon dugotrajnog i ponavljano izlaganja. Uz akutnu bolest ili smrt, štetne tvari iz atmosfere mogu izazvati kroničnu bolest, ometanje rasta i razvoja ili skraćenje života, smetnje važnih fizioloških funkcija (ventilacija pluća, prijenos kisika, rada osjetila, pokretljivosti) te osjećaj neugode i nakupljanje onečišćenja u organizmu.



Slika 9. Najčešće onečišćujuće tvari u zraku i čovjekov obrambeni sustav- model

Izvor: <http://kvaliteta-zraka.imi.hr/>

Najčešće bolesti uzrokovane izloženosti jednoj ili više štetnih tvari iz atmosfere jesu: bolesti dišnog sustava (astma, alergije, kronična opstruktivna plućna bolest - KOPB), bolesti kože, rak (rak pluća, dojke...), bolesti srca i krvnih žila, te bolesti osjetila.

U onečišćenju atmosfere skupina nadražljivaca je najrasprostranjenija. Oni su neposredni uzročnici bolesti dišnog sustava i bolesti kože. U nju pripadaju:

- spojevi sumpora,
- dušikovi oksidi,
- ozon i drugi oksidansi,
- metanal (formaldehid) i drugi aldehidi i
- dim.

Nadražljivci djeluju izravno na sluznicu dišnog sustava i preko živčanih završetaka mogu uzrokovati akutno suženje bronha te kronične plućne bolesti ometanjem funkcije stanica i krvnih žila. Sumporni spojevi su vrlo rasprostranjeni, a među njima su najznačajniji

sumpor – dioksid te sumporna kiselina i njezine soli. Početni je znak izloženosti sumpor-dioksidu, pri koncentraciji dva puta višoj od najviše dopuštene za atmosferu radnog mjesta, nadražaj gornjeg djela dišnog sustava koji se najčešće opisuje kao „suhoća“ nosa i grla. Dušik-dioksid je relativno netopljiv u vodi, pa iz njega tek u alveolama nastaju štetne i nadražujuće dušične i dušićasta kiselina koje mogu izazvati plućni edem. Ozon je vrlo toksičan plin a djeluje na pluća. Već obujmeni udjel ozona 0,12 ppm u zraku može izazvati kašalj i početne promjene plućne funkcije te povećanu bronhalnu aktivnost i smanjenu sposobnost pluća da se obrane od infekcije.

Na bolesti srca i krvnih žila utjecaj imaju:

- kovine (As, Hg, Be, Pb, Mn itd.),
- ugljik- monoksid,
- pesticidi i drugi poljodjelski otrovi i
- azbest.

Najznačajniji otrovi kojima su ljudi izloženi u vanjskom zraku jesu olovo i ugljik-monoksid. Olovo je kumulativni otrov koji se taloži u kostima, ali i u drugim tkivima, iz kojih izlazi i uzrokuje promjene koštane srži i smetnje probavnog i živčanog sustava. Praćenje izloženosti olovu i pokazatelja bioloških promjena izazvanih olovom na skupinama prometnika, tramvajskih vozača, poštara i radnika na benzinskim crpkama u Zagrebu, pokazalo je da su te osobe tijekom radnog vremena bitno više izložene olovu od ostalih građana, ali još nema mjerljivih bioloških promjena. Ugljik – monoksid kojega su osnovni izvori nepotpuno izgaranje i duhanski dim, pripada skupini tzv. kemijskih zagušljivaca jer se taj plin veže na iznimno važnu krvnu boju – hemoglobin i potpuno ometa prijenos kisika. Kronični učinci djelovanja ugljik-monoksida očituju se najviše na organima osjetljivim na pomankanje kisika – srcu i krvnim žilama. Na kardiovaskularni sustav djeluju i oksidansi, sumpor – dioksid i lebdeće čestice, te kadmij koji uzrokuje povišeni krvni tlak.

Brojne štetne tvari mogu izazvati rak, najčešće poslije dulje izloženosti i razdoblja od 20 i više godina od prve izloženosti do pojave bolesti. Rak može biti izazvan fizikalnim činiteljima kao što je x-zračenje i ultraljubičasto zračenje, kao i mnogi kemijskim tvarima. To su:

- organske kancerogene tvari (policiklički aromatski ugljikovodici – PAU, benzo(a)piren,
- potencijalno karcogene kovine i njihovi spojevi (berilij, arsen, krom, kadmij,

nikal, itd.),

- azbest,
- radon.

Onkogeno aktivne kemijske tvari napadaju površinu kože i pluća, a mogu prijeći i u unutarnja tkiva i napasti unutarnje organe. Najbolje proučen predstavnik skupine spojeva policikličkih aromatskih ugljikovodika je benzo(a)piren koji nestaje nepotpunim izgaranjem organske tvari. Ipak, smatra se da je benzo(a)piren odgovoran samo za mali dio (oko 9%) kancerogene aktivnosti kondenzata ispušnih plinova jer ona ovisi i o sastavu smjese ugljikovodika kojih djeluju, kao i o vrsti otapala. Učinci ostalih kancerogena u zraku: plinova – bisklormetil-etera, vinikloridmonomera, kovina – nikla, berilija, kroma, arsena i kadmija te azbesta proučavali su se na mjestima gdje im je koncentracija veća zbog određenog prirodnog procesa. Rezultati tih ispitivanja upućuju na potrebu strogog nadzora i održavanja što niže koncentracije tih potencijalno kancerogenih onečišćenja u zraku, kako bi se opasnost od raka smanjila.

3.5 Sporazum iz Kyota

Kao što je prethodno navedeno, nesumnjivo je da je čovjek odgovoran za klimatske promjene na Zemlji. To je postalo jasno tek u drugoj polovici dvadesetog stoljeća, no s kolikim udjelom je odgovoran teško je reći i danas. Sporazum iz Kyota samo je jedan od načina da se čovjekov utjecaj na klimatske promjene nekako ograniči. Konvencija o klimi u Kyotu održana je 1997. godine. Bila je to treća po redu konvencija o klimi. Na njoj je donesen važan sporazum koji definira ciljeve za smanjenje emisije stakleničkih plinova. Važno je naglasiti da je Kyotski sporazum donesen nakon teških pregovora, pa i opstrukcije nekih moćnih država te je rezultat pokušaja vlada svijeta da se dogovore o smanjenju emisija stakleničkih plinova. Nakon što je protokol ratificiralo 55 država, zaključno s Rusijom, on je 16. veljače 2005. godine stupio na snagu. Njime se razvijene države obavezuju smanjiti emisiju stakleničkih plinova za 5,2% u usporedbi na 1990. godinu da bi se spriječile daljnje štetno djelovanje efekta staklenika i to u razdoblju od 2008. do 2012. godine. Veliki protivnici sporazuma iz Kyota su SAD i Australija. Premda je 1998. godine tadašnji američki potpredsjednik Al Gore potpisao sporazum, potpis je bio simboličan jer nikada ne bi prošao ratifikaciju u američkom Senatu. Kasnije je administracija predsjednika G. W. Busha taj sporazum u potpunosti odbacila jer brojni

ekonomisti u SAD-u, protivnici sporazuma tvrde da bi njegova primjena smanjila ili čak zaustavila rast američkog gospodarstva. Osim ekonomista postoje i znanstvenici koji se protive sporazumu. Oni najčešće tvrde da ne postoje jasni dokazi o utjecaju čovjeka na promjene klime. Njihov je najčešći argument da se ne može sa sigurnošću utvrditi je li čovjek odgovoran za porast temperature na Zemlji. Što ima smisla ako gledamo dokaze o promjeni klime pojedinačno, ali kada se svi ukupno uzmu u obzir, onda se sa sigurnošću može reći da ljudska aktivnost ima utjecaj na promjenu klime.

Hrvatska je Sporazum iz Kyota potpisala još 1999. godine, no zbog različitih poteškoća ratificirala ga je tek 2007. godine. Poteškoće je stvarala činjenica da se Hrvatska 1990. godine još uvijek smatrala djelom Jugoslavije, što bi značilo da je sporazum ratificiran pod tim uvjetima, Hrvatska bi svoju kvotu premašila još 2005. godine. Zbog toga je morala tražiti povećanje kvote emisije stakleničkih plinova, koje joj je i odobreno zbog tzv. posebnih okolnosti u kojima se država nalazila 1990. godine. Predviđa se da bi provedba sporazuma Hrvatsku mogla godišnje koštati između 20 i 40 milijuna američkih dolara odnosno ako to gledamo kroz postotak BDP-a, onda je to između 0,1 i 0,2% BDP-a.

3.6 Izvori onečišćenja zraka i kategorije kvalitete zraka

Pod izvorom onečišćenja zraka podrazumijevamo objekt ili proces koji emitira onečišćujuće tvari u atmosferu. Izvori onečišćenja zraka su nepokretni i pokretni emisijski izvori.

Nepokretni emisijski izvori onečišćenja jesu:

- točkasti: kod kojih se onečišćujuće tvari ispuštaju u zrak kroz za to oblikovane ispuste (postrojenja, tehnološki procesi, industrijski pogoni, uređaji, građevine i slično),
- difuzni: kod kojih se onečišćujuće tvari unose u zrak bez određena ispusta/dimnjaka (uređaji, određene aktivnosti, površine i druga mjesta).

Pokretni emisijski izvori onečišćenja jesu:

- prijevozna sredstva koja ispuštaju onečišćujuće tvari u zrak: motorna vozila, šumski i poljoprivredni strojevi, necestovni pokretni strojevi (kompresori,

buldožeri, gusjeničari, hidraulični rovokopači, cestovni valjci, pokretne dizalice, oprema za održavanje putova i drugo), lokomotive, plovni objekti, zrakoplovi.

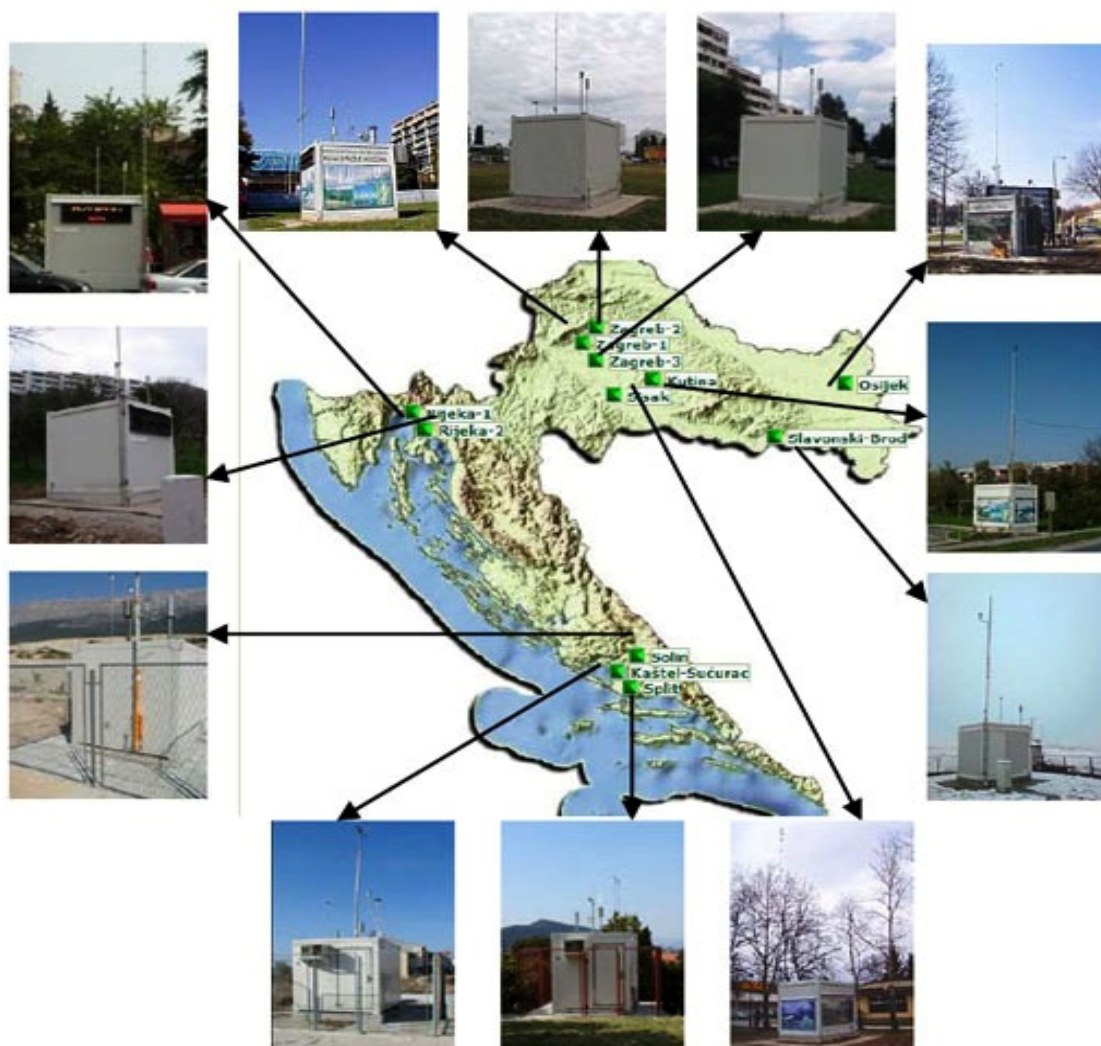
Prema razinama onečišćenosti, s obzirom na propisane granične vrijednosti (*GV*), ciljne vrijednosti i dugoročne ciljeve utvrđuju se sljedeće kategorije kvalitete zraka:

- prva kategorija kvalitete zraka – čist ili neznatno onečišćen zrak: nisu prekoračene granične vrijednosti (*GV*), ciljne vrijednosti i dugoročni ciljevi za prizemni ozon,
- druga kategorija kvalitete zraka – onečišćen zrak: prekoračene su granične vrijednosti (*GV*), ciljne vrijednosti i dugoročni ciljevi za prizemni ozon. Kategorije kvalitete zraka utvrđuju se jedanput godišnje za proteklu kalendarsku godinu.

4. KVALITETA ZRAKA POVEZANA S ZAKONSKOM REGULATIVOM

Republika Hrvatska postala je 1991. godine stranka Konvencije o dalekosežnom prekograničnom onečišćenju zraka iz 1979. godine (LRTAP Konvencija), te Protokola Konvencije o zajedničkom praćenju i procjeni dalekosežnog prekograničnog prijenosa onečišćujućih tvari u Europi (EMEP protokol). Time je Republika Hrvatska postala obvezna izrađivati svoje godišnje proračune o emisiji onečišćujućih tvari u zrak na području države. Proračun se provodi prema EU metodologiji EMEP/CORINAIR. Sukladno Zakonu o zaštiti zraka (NN 130/11, NN 47/2014), te Pravilniku o praćenju kvalitete zraka (NN 3/13), obveza Agencije za zaštitu okoliša je izrada Godišnjeg izvješća o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske. Izvješće se izrađuje u tekućoj godini za proteklu kalendarsku godinu, odnosno u 2014. godini je izrađeno Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2013. godinu. Ovo Izvješće sadrži ocjenu kvalitete zraka u zonama i aglomeracijama s mjernih mjesta definiranih člankom 4. Uredbe o utvrđivanju popisa mjernih mjesta za praćenje koncentracija pojedinih onečišćujućih tvari u zrak i lokacija mjernih postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 22/14), te obuhvaća podatke o koncentracijama slijedećih onečišćujućih tvari u zraku: sumporovog dioksida (SO_2), dušikovog dioksida (NO_2), lebdećih čestica (PM_{10} i $\text{PM}_{2,5}$), olova, benzena, ugljikovog monoksida (CO), prizemnog ozona (O_3) i prekursora prizemnog ozona (hlapivi organski spojevi – HOS-evi), arsena, kadmija, žive, nikla, benzo(a)pirena (BaP) i drugih policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAU), pokazatelja prosječne izloženosti za $\text{PM}_{2,5}$ (PPI), te kemijskog sastava $\text{PM}_{2,5}$. Cilj je smanjenje emisija onečišćujućih tvari u zrak, kako na globalnom planu, tako i u Hrvatskoj, a u skladu s nacionalnom Strategijom zaštite okoliša i Nacionalnim planom djelovanja za okoliš (N.N. 46/02). U Republici Hrvatskoj se temeljem Zakona o zaštiti zraka, te Pravilnika o praćenju kvalitete zraka mjerenje onečišćujućih tvari u zraku obavlja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (radom državne mreže upravlja Državni hidrometeorološki zavod, pod stručnim nadzorom Ministarstva zaštite okoliša i prirode), te u lokalnim mrežama (u nadležnosti županija, Grada Zagreba, gradova i općina). Provedbeni propisi doneseni na temelju Zakona o zaštiti zraka, pravno uređuju glavna područja zaštite zraka:

praćenje, procjenjivanje i izvješćivanje o kvaliteti zraka, sprječavanje i smanjivanje onečišćenosti zraka, granične vrijednosti emisija onečišćujućih tvari iz nepokretnih izvora, praćenje emisija onečišćujućih tvari, zahtjeve na tehničke uređaje i gorivo, ukidanje potrošnje tvari koje oštećuju ozonski sloj, te ublažavanje i prilagodbu klimatskim promjenama.



Slika 10. Državna mreža postaja za trajno praćenje kvalitete zraka

Izvor: <http://azo.com.hr/>

4.1 Kriteriji primjenjeni pri ocjenjivanju kvalitete zraka

Podaci izmjereni na mjernim postajama su obrađeni, analizirani i interpretirani sukladno važećim propisima:

- (1) Zakon o zaštiti zraka (NN 130/11, 47/14)
- (2) Pravilnik o praćenju kvalitete zraka (NN 3/13)
- (3) Uredba o razinama onečišćujućih tvari u zraku (NN 117/12)
- (4) Pravilnik o uzajamnoj razmjeni informacija i izvješćivanju o kvaliteti zraka (NN 57/13)
- (5) Uredba o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Republike Hrvatske (NN 1/14)
- (6) Uredba o utvrđivanju popisa mjernih mjesta za praćenje koncentracija pojedinih onečišćujućih tvari u zraku i lokacija mjernih postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka (NN 22/14)
- (7) Direktiva (2008/50/EZ) o kakvoći okolnog zraka i čistom zraku za Europu
- (8) Direktiva (2004/107/EZ) koja se odnosi na arsen, kadmij, živu, nikal i policikličke ugljikovodike u vanjskome zraku
- (9) INSPIRE Direktiva (2007/2/EZ) o uspostavljanju infrastrukture prostornih informacija u Europskoj zajednici
- (10) Konvencija o prekograničnom onečišćenju zraka na velikim udaljenostima (Geneva, 1979.) (NN-MU 12/93)

Objašnjenje pojmova korištenih u ovom izvješću:

Aglomeracija (naseljeno područje): područje s više od 250 000 stanovnika, ili područje s manje od 250 000 stanovnika, a gustoća je stanovništva veća od prosječne u Republici Hrvatskoj ili je kvaliteta zraka znatno narušena te je nužna ocjena i upravljanje kvalitetom zraka,

Kvaliteta zraka - svojstvo zraka kojim se iskazuje značajnost u njemu postojećih razina onečišćenosti,

Razina onečišćenosti - koncentracija onečišćujuće tvari u zraku ili njeno taloženje na površine u određenom vremenu,

Onečišćujuća tvar - svaka tvar prisutna u okolnom zraku koja može imati štetan učinak na ljudsko zdravlje i/ili okoliš u cijelosti,

Kategorija kvalitete zraka - utvrđuje se za svaku onečišćujuću tvar posebno jedanput godišnje za proteklu kalendarsku godinu,

Uvjetna kategorizacija – u ovom izvješću na mjernim mjestima gdje je obuhvat podataka bio manji od 90%, a veći od 75% kategorizacija je navedena kao uvjetna (označena je sa *). Podaci s obuhvatom podataka manjim od 75% prikazani su samo informativno i nije provedena kategorizacija kvalitete, osim u slučajevima kada je obuhvat podataka bio manji od 75%, a kvaliteta zraka je i s nižim obuhvatom podataka svrstana u II kategoriju kvalitete zraka radi prekoračenja dozvoljenog broja satnih i/ili dnevnih graničnih vrijednosti (označena je sa **),

Granična vrijednost - 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,

Granica tolerancije - postotak granične vrijednosti za koji ona može biti prekoračena pod za to propisanim uvjetima.

Dugoročni cilj - razina onečišćenosti koju treba postići u dužem razdoblju, osim kada to nije moguće postići razmjernim mjerama, s ciljem osiguranja učinkovite zaštite ljudskog zdravlja i okoliša,

Prag obavješćivanja - razina onečišćenosti čije prekoračenje predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje pri kratkotrajnoj izloženosti za osjetljive skupine stanovništva i o kojima se žurno i na odgovarajući način informira javnost,

Prag upozorenja - razina onečišćenosti čije prekoračenje predstavlja opasnost za ljudsko zdravlje pri kratkotrajnoj izloženosti za čitavo stanovništvo i pri čijoj se pojavi žurno poduzimaju odgovarajuće propisane mjere,

Najviša dnevna osmosatna srednja vrijednost koncentracija - odabire se na temelju ispitivanja osmosatnih pomičnih prosjeka, izračunatih iz podataka dobivenih od jednosatnih vrijednosti i ažuriranih svaki sat.

Zona (područje): jedan od razgraničenih dijelova teritorija Republike Hrvatske, od ostalih takvih dijelova, koji predstavlja funkcionalnu cjelinu s obzirom na praćenje, zaštitu i poboljšanje kvalitete zraka te upravljanje kvalitetom zraka.

Uredbom o razinama onečišćujućih tvari u zraku određene su granične i ciljne vrijednosti s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi.

Tablica 2. Granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku obzirom na zaštitu zdravlja ljudi

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Granična vrijednost (GV)	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
Sumporov dioksid (SO ₂)	1 sat	350 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine
	24 sata	125 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 3 puta tijekom kalendarske godine
Dušikov dioksid (NO ₂)	1 sat	200 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 18 puta tijekom kalendarske godine
	kalendarska godina	40 µg/m ³	-
Ugljikov monoksid (CO)	maksimalna dnevna osmosatna srednja vrijednost	10 mg/m ³	-
PM ₁₀	24 sata	50 µg/m ³	GV ne smije biti prekoračena više od 35 puta tijekom kalendarske godine
	kalendarska godina	40 µg/m ³	-
Benzen	kalendarska godina	5 µg/m ³	-
Olovo (Pb) u PM ₁₀	kalendarska godina	0,5 µg/m ³	-
Ukupna plinovita živa (Hg)	kalendarska godina	1 µg/m ³	-

Tablica 3. Granična vrijednost za $PM_{2,5}$ obzirom na zaštitu zdravlja ljudi

Vrijeme usrednjavanja	Granična vrijednost (GV)	Granica tolerancije (GT)	Datum do kojeg treba postići graničnu vrijednost
1. STUPANJ			
Kalendarska godina	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20% na datum 11. lipnja 2008. godine, s tim da se sljedećeg 1. siječnja i svakih 12 mjeseci nakon toga, smanjuje za jednake godišnje postotke, kako bi se do 1. siječnja 2015. godine dostiglo 0%	1. siječnja 2015. godine
2. STUPANJ			
Kalendarska godina	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		1. siječnja 2020. godine

Tablica 4. Granične vrijednosti koncentracija onečišćujućih tvari u zraku s obzirom na kvalitetu življenja (dodijavanje mirisom)

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Granična vrijednost (GV)	Učestalost dozvoljenih prekoračenja
Sumporovodik (H_2S)	1 sat	7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	GV ne smije biti prekoračena više od 24 puta tijekom kalendarske godine
	24 sata	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	GV ne smije biti prekoračena više od 7 puta tijekom kalendarske godine
Merkaptani	24 sata	3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	GV ne smije biti prekoračena više od 7 puta tijekom kalendarske godine
Amonijak (NH_3)	24 sata	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	GV ne smije biti prekoračena više od 7 puta tijekom kalendarske godine
Metanal (formaldehid)	24 sata	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-

Tablica 5. Ciljne vrijednosti za $PM_{2,5}$ te arsen, kadmij, nikal i benzo(a)piren u PM_{10} s obzirom na zaštitu zdravlja ljudi

Onečišćujuća tvar	Vrijeme usrednjavanja	Ciljna vrijednost (CV)
$PM_{2,5}$	kalendarska godina	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Arsen (As) u PM_{10}	kalendarska godina	6 ng/m^3
Kadmij (Cd) u PM_{10}	kalendarska godina	5 ng/m^3
Nikal (Ni) u PM_{10}	kalendarska godina	20 ng/m^3
Benzo(a)piren u PM_{10}	kalendarska godina	1 ng/m^3

Tablica 6. Ciljane vrijednosti za prizemni ozon

Cilj	Vrijeme usrednjavanja	Ciljna vrijednost
Zaštita zdravlja ljudi	Najviša dnevna osmosatna srednja vrijednost	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ne smije biti prekoračena više od 25 dana u kalendarskoj godini usrednjeno na tri godine
Zaštita vegetacije	od svibnja do srpnja	AOT40 (izračunato na temelju jednosatnih vrijednosti) 18 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ kao prosjek pet godina

4.2 Zone i aglomeracije potrebne za praćenje kvalitete zraka

Uredbom o određivanju zona i aglomeracija prema razinama onečišćenosti zraka na teritoriju Republike Hrvatske (NN 1/14) određeno je pet zona i četiri aglomeracije za potrebe praćenja kvalitete zraka.

Tablica 7. Zone

OZNAKA ZONE	NAZIV ZONE	OBUHVAT ZONE
HR 1	Kontinentalna Hrvatska	Osječko-baranjska županija (izuzimajući aglomeraciju HR OS) Požeško-slavonska županija Virovitičko-podravska županija Vukovarsko-srijemska županija Bjelovarsko-bilogorska županija Koprivničko-križevačka županija Krapinsko-zagorska županija Međimurska županija Varaždinska županija Zagrebačka županija (izuzimajući aglomeraciju HR ZG)
HR 2	Industrijska zona	Brodsko-posavska županija Sisačko-moslavačka županija
HR 3	Lika, Gorski kotar i Primorje	Ličko-senjska županija Karlovačka županija Primorsko-goranska županija (izuzimajući aglomeraciju HR RI)
HR 4	Istra	Istarska županija
HR 5	Dalmacija	Zadarska županija Šibensko-kninska županija Splitsko-dalmatinska županija (izuzimajući aglomeraciju HR ST), Dubrovačko-neretvanska županija

Tablica 8. Aglomeracije

OZNAKA AGLOMERACIJE	NAZIV AGLOMERACIJE	OBUHVAT AGLOMERACIJE
HR ZG	Zagreb	Grad Zagreb, Grad Dugo Selo, Grad Samobor, Grad Sveta Nedjelja, Grad Velika Gorica, Grad Zaprešić
HR OS	Osijek	Grad Osijek
HR RI	Rijeka	Grad Rijeka, Grad Bakar, Grad Kastav, Grad Kraljevica, Grad Opatija, Općina Viškovo, Općina Čavle, Općina Jelenje, Općina Kostrena, Općina Klana, Općina Matulji, Općina Lovran, Općina Omišalj
HR ST	Split	Grad Split, Grad Kaštela, Grad Solin, Grad Trogir, Općina Klis, Općina Podstrana, Općina Seget



Slika 11. Zone i aglomeracije za potrebe praćenja kvalitete zraka u Republici Hrvatskoj

Izvor: <http://azo.com.hr/>

4.3 Analiza podataka i ocjena onečišćenosti zraka u zonama i aglomeracijama po onečišćujućim tvarima

Ocjena onečišćenosti zona i aglomeracija za 2013. godinu (ocjena sukladnosti sa ciljevima zaštite okoliša propisanih Direktivom 2008/50/EK) određuje se sukladno popisu mjernih mjesta određenog člankom 4. Uredbe o utvrđivanju popisa mjernih mjesta za praćenje koncentracija pojedinih onečišćujućih tvari u zraku i lokacija mjernih postaja u državnoj mreži za trajno praćenje kvalitete zraka.

Sumporov dioksid SO₂

Sumporov dioksid ispušta se prilikom izgaranja goriva koja sadrže sumpor radi potreba grijanja, proizvodnje struje i prijevoza. Vulkani također ispuštaju SO₂ u atmosferu.

Statistički podaci prikazani su za 1-satne i 24-satne vrijednosti za koja vremena usrednjavanja su određene granične vrijednosti. 1-satne koncentracije ne smiju prekoračiti GV od 350 µg/m³ više od 24 puta tijekom kalendarske godine, a 24-satne koncentracije ne smiju prekoračiti GV od 125 µg/m³ više od 3 puta tijekom kalendarske godine.

Tablica 9. Sumarni statistički podaci koncentracija SO₂ u zraku i ocjena onečišćenosti (sukladnosti)

SO ₂ (µg/m ³)												
Zona / Aglomeracija	Mjerna postaja / Modeliranje	1-satne koncentracije							24-satne koncentracije			Ocjena onečišćenosti (sukladnosti)
		OP %	C _{godina}	C _{zima}	C _{99,73} * = max. 25 sat	C _{max} *	broj sati > GV	broj sati > PU	C _{99,2} * = max. 4 dan	C _{max} *	broj dana > GV	
HR RI	Rijeka-2	98	7	6	103	311	0	0	109	41	0	
HR 1	Model	100	-	-	-	101	0	0	-	67	0	
HR 2	Slavonski Brod-1	93	14	13	258	824	12	0	141	98	2	
HR 3	Model	100	-	-	-	51	0	0	-	39	0	
HR 4	Model	100	-	-	-	32	0	0	-	24	0	
HR 5	Model	100	-	-	-	84	0	0	-	42	0	

Legenda:

- Plavo Obuhvat podataka manji od 85%
- Crveno Broj prekoračenja GV veći od dozvoljenog
- Podebljano Broj prekoračenja GV manji od dozvoljenog
- Nesukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Prekoračena GV)
- Sukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Nije prekoračena GV)
- Neocijenjeno
- * ne koristi se za ocjenu sukladnosti
- GV Granična vrijednost
- PU Prag upozorenja
- Nema podatka

24-satne koncentracije SO₂ prekoračile su graničnu vrijednost na mjernoj postaji Slavonski Brod-1 dva dana što je manje od dozvoljenih 3 dana prekoračenja. 1-satne koncentracije SO₂ prekoračile su graničnu vrijednost 12 puta u Slavanskom Brodu na mjernoj postaji Slavonski Brod-1 što je manje od dozvoljenih 24 puta. Za prekoračenje praga upozorenja vrijednost od 500 µg/m³ SO₂ u zraku mora se prekoračiti tijekom tri uzastopna sata. Satne koncentracije SO₂ prekoračile su vrijednost od 500 µg/m³ 4 puta u Slavanskom Brodu na mjernoj postaji Slavonski Brod-1, ali niti jednom tijekom tri uzastopna sata tako da nije došlo do prekoračenja praga upozorenja.

Dušikov dioksid NO₂

Dušikov dioksid većinom nastaje prilikom procesa izgaranja kao što su oni koji se odvijaju u motorima vozila i elektranama. Statistički podaci izračunati su za 1-satne vrijednosti za koje vrijeme usrednjavanja su određene granične vrijednosti. 1-satne koncentracije ne smiju prekoračiti GV od 200 µg/m³ više od 18 puta tijekom kalendarske godine, a srednja godišnja koncentracija ne smije prekoračiti GV od 40 µg/m³ u kalendarskoj godini. Na osnovu analize ocjenjeno je da su koncentracije NO₂ bile niže od propisanih graničnih vrijednosti u aglomeraciji Zagreb, Osijek i Rijeka i u svim zonama. Tablica 10. Sumarni statistički podaci koncentracija NO₂ u zraku i ocjena onečišćenosti

NO ₂ (µg/m ³)								
Zona / Aglomeracija	Mjerna postaja / Modeliranje	1-satne koncentracije						Ocjena onečišćenosti (sukladnosti)
		OP %	C _{godina}	C _{max} *	C _{99,79} *= max. 19 sat	broj sati > GV	broj sati > PU	
HR ZG	Zagreb-1	81	56	210	178	3	0	
	Zagreb-3	95	24	135	112	0	0	
HR OS	Osijek-1	96	20	132	100	0	0	
HR RI	Rijeka-2	96	14	113	81	0	0	
HR 1	Model	100	12	57	-	0	0	
HR 2	Slavonski Brod-1	92	16	127	84	0	0	
HR 3	Model	100	6	45	-	0	0	
HR 4	Model	100	8	51	-	0	0	
HR 5	Model	100	6	32	-	0	0	

Legenda:

- Plavo Obuhvat podataka manji od 85%
- Crveno Broj prekoračenja GV veći od dozvoljenog / prekoračena srednja godišnja GV
- Podebljano Broj prekoračenja GV manji od dozvoljenog
- Nesukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Prekoračena GV)
- Sukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Nije prekoračena GV)
- Neocijenjeno
- * ne koristi se za ocjenu sukladnosti
- GV Granična vrijednost
- PU Prag upozorenja
- Nema podatka

1-satne koncentracije NO₂ prekoračile su graničnu vrijednost 3 puta u Zagrebu na mjernoj postaji Zagreb-1 što je manje od dozvoljenih 18 puta. Na mjernoj postaji Zagreb-1 obuhvat podataka bio je manji od potrebnih 85%, te podaci sa te mjerne postaje nisu korišteni za ocjenu sukladnosti, iako je srednja godišnja koncentracija bila veće od GV. Za prekoračenje praga upozorenja vrijednost od 400 µg/m³ NO₂ u zraku mora se prekoračiti tijekom tri uzastopna sata. Satne koncentracije NO₂ nisu prekoračile vrijednost od 400 µg/m³ niti jedan put u 2013. godini, te nije ni došlo do prekoračenja praga upozorenja.

Lebdeće čestice PM₁₀ i PM_{2,5}

Lebdeće čestice su čestice koje lebde zrakom. Takve su onečišćujuće tvari morska sol, crni ugljen, prašina i zgusnute čestice određenih kemikalija. Najvažniji izvori lebdećih čestica su promet, grijanje stambenih zgrada i industrija.

Obrađena su mjerenja sa dvije mjerne postaje u aglomeraciji Zagreb (Zagreb-1 i Zagreb-3), sa jedne mjerne postaje u aglomeraciji Osijek (Osijek-1), sa jedne mjerne postaje u aglomeraciji Rijeka (Rijeka-2), te sa tri mjerne postaje u Industrijskoj zoni (Sisak-1, Kutina-1 i Slavonski Brod-1 (PM_{2,5})). PM₁₀ – 24-satne koncentracije ne smiju prekoračiti GV od 50 µg/m³ više od 35 puta tijekom kalendarske godine, a srednja godišnja koncentracija ne smije prekoračiti GV od 40 µg/m³ u kalendarskoj godini. PM_{2,5} - srednja godišnja koncentracija ne smije prekoračiti GV od 25 µg/m³ u kalendarskoj godini.

Tablica 11. Sumarni statistički podaci koncentracija PM_{10} i $PM_{2,5}$ u zraku i ocjena onečišćenosti (sukladnosti)

PM ₁₀ i PM _{2,5} (µg/m ³)										
Zona / Aglomeracija	Mjerna postaja / Modeliranje	Onečišćujuća tvar	Tip mjerenja	OP %	1-satne konc.	24-satne koncentracije				Ocjena onečišćenosti (sukladnosti)
					C _{godina}	C _{godina}	C _{max} *	C _{90,4} = max. 36 dan	broj dana	
HR ZG	Zagreb-1	PM ₁₀	grav.	90	NP	35	151	65	63	
	Zagreb-3	PM ₁₀	aut.	100	37	37	161	73	76	
	Zagreb PPI PM _{2,5}	PM _{2,5}	grav.	100	NP	22	NP	NP	NP	
HR ST	Osijek-1	PM ₁₀	aut.	87	38	38	139	62	73	
HR RI	Rijeka-2	PM ₁₀	aut.	92	22	21	69	38	9	
HR 2	Slavonski Brod-1	PM _{2,5}	aut.	91	26	NP	NP	NP	NP	
	Sisak-1	PM ₁₀	grav.	90	NP	35	151	65	63	
	Kutina-1	PM ₁₀	aut.	81	39	39	141	82	72	

Legenda:

- Plavo Obuhvat podataka manji od 85%
- Crveno Broj prekoračenja GV veći od dozvoljenog / prekoračena srednja godišnja GV
- Podebljano Broj prekoračenja GV manji od dozvoljenog
- Nesukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Prekoračena GV)
- Sukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Nije prekoračena GV)
- Neocijenjeno
- * ne koristi se za ocjenu sukladnosti
- GV Granična vrijednost
- PU Prag upozorenja
- NP Nije primjenjivo

Na osnovi analize ocjenjeno je da su koncentracije lebdećih čestica PM_{10} bile više od propisanih graničnih vrijednosti u aglomeracijama Zagreb i Osijek te Industrijskoj zoni (HR 2). Koncentracije lebdećih čestica $PM_{2,5}$ bile su više od granične vrijednosti u Industrijskoj zoni (HR 2). 24-satne koncentracije PM_{10} prekoračile su graničnu vrijednost na mjernoj postaji Zagreb-1 63 dana, Zagreb-3 76 dana, Osijek-1 73 dana, Sisak-1 63 dana i Kutina-1 72 dana što je više od dozvoljenih 35 dana prekoračenja.



Slika 12. Ocjena onečišćenosti (sukladnosti) zona i aglomeracija lebdećim česticama

PM_{10} u 2013-toj godini

Izvor: <http://azo.com.hr/>

PM_{2,5} - Srednja godišnja vrijednost prekoračila je graničnu vrijednost na mjernoj postaji Slavonski Brod 1 26 dana.



Slika 13. Ocjena onečišćenosti (sukladnosti) zona i aglomeracija lebdećim česticama PM_{2,5} u 2013-toj godini

Izvor: <http://azo.com.hr/>

Ozon O₃


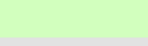
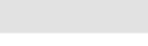
Prizemni ozon nastaje kemijskim reakcijama (uzrokovanim sunčevom svjetlošću) u kojima se onečišćujuće tvari emitiraju u zrak, uključujući one koje nastaju tijekom vožnje, vađenja prirodnog plina, iz deponija i kućnih kemikalija.

U tablici su prikazani i sumarni statistički podaci koncentracija ozona u zraku dobiveni mjerenjem kao i učestalost prekoračenja ciljne vrijednosti (CV), praga obavješćivanja (PO) i praga upozorenja (PU). Statistički podaci prikazani su za 1-satne i 8-satne vrijednosti. Maksimalne dnevne 8-satne vrijednosti ne smiju prekoračiti vrijednost od $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ više od 25 puta tijekom kalendarske godine (CV). Prag upozorenja (PU) -1-satne vrijednosti ne smiju prekoračiti vrijednost od $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Prag obavješćivanja (PO) -1-satne vrijednosti ne smiju prekoračiti vrijednost od $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tablica 12. Sumarni statistički podaci koncentracija O_3 u zraku i ocjena onečišćenosti (sukladnosti)

O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)											
Zona / Aglomeracija	Mjerna postaja / Modeliranje	OP %		1-satne koncentracije				8-satne koncentracije			Ocjena onečišćenosti
		ljetno	zimski	C_{godina} *	C_{max} *	broj sati > PO	broj sati > PU	C_{max} *	$C_{93.15}$ * = max. 26 dan	broj dana > CV	
HR ZG	Zagreb-3	92	55	47	207	2	0	161	115	21	
HR RI	Rijeka-2	100	93	77	188	2	0	173	126	39	
HR 1	Desinić	66	41	62	171	0	0	143	111	15	
	Kopački rit	46	51	32	143	0	0	119	86	0	
HR 2	Slavonski Brod-1	90	90	44	228	1	0	134	107	12	
HR 5	Hum (otok Vis)	30	49	92	162	0	0	154	123	35	
	Žarkovica (Dubrovnik)	64	38	99	167	0	0	164	131	56	

Legenda:

- Plavo** Obuhvat podataka manji od 85% ljeti ili 70% zimi
- Crveno** Broj prekoračenja CV veći od dozvoljenog
- Podebljano** Broj prekoračenja CV manji od dozvoljenog
- Narančasto** Broj prekoračenja praga obavješćivanja
- Ljubičasto** Broj prekoračenja praga upozorenja
-  Nesukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Prekoračena CV)
-  Sukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Nije prekoračena CV)
-  Neocijenjeno
- * ne koristi se za ocjenu sukladnosti
- CV Ciljna vrijednost
- PO Prag obavješćivanja
- PU Prag upozorenja

Na osnovi analize podataka dobivenih mjerenjem ocjenjeno je da su koncentracije ozona bile više od propisane ciljne vrijednosti u aglomeraciji Rijeka. Maksimalne 8-satne koncentracije ozona prekoračile su ciljnu vrijednost 39 dana na mjernoj postaji Rijeka-2, 35 dana na mjernoj postaji Hum (otok Vis), te 56 dana na mjernoj postaji Žarkovica (Dubrovnik) što je više od dozvoljenih 25 dana prekoračenja. Za prekoračenje praga obavješćivanja satne koncentracije ozona moraju prekoračiti vrijednost od $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Satne koncentracije O_3 prekoračile su vrijednost od $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dva puta na mjernoj postaji Zagreb-3, 2 puta na mjernoj postaji Rijeka-2 i 1 put na mjernoj postaji Slavonski Brod-1. Za prekoračenje praga upozorenja satne koncentracije ozona u zraku moraju prekoračiti vrijednost od $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Satne koncentracije O_3 nisu prekoračile vrijednost od $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ niti jedan put u niti jednoj zoni i aglomeraciji u 2013. godini, te nije došlo do prekoračenja praga upozorenja.



Slika 14. Ocjena onečišćenosti (sukladnosti) zona i aglomeracija ozonom O_3 u 2013. g.

Izvor: <http://azo.com.hr/>

Ugljikov monoksid CO

Za ocjenu sukladnosti zona i aglomeracija sa ciljevima zaštite okoliša sukladno Uredbi o razinama onečišćujućih tvari u zraku, u 2013. godini nisu predviđena mjerenja ugljikovog monoksida u niti jednoj zoni i aglomeraciji. Za ocjenjivanje onečišćenosti (sukladnosti) zona i aglomeracija korištena je objektivna procjena koja se temelji na podacima mjerenja CO u aglomeracijama te su u tablici sa statističkim podacima prikazana mjerenja koncentracija CO u zraku na postajama Državne mreže. Statistički podaci prikazani su za 1-satne i 8-satne vrijednosti. Maksimalne dnevne 8-satne vrijednosti ne smiju prekoračiti graničnu vrijednost od 10 mg/m³ niti jedan put tijekom kalendarske godine.

Tablica 13. Sumarni statistički podaci koncentracija CO u zraku i ocjena onečišćenosti (sukladnosti)

CO (mg/m ³)						
Zona / Aglomeracija	Mjerna postaja / Modeliranje	OP %	1-satne koncentracije	8-satne koncentracije		Ocjena onečišćenosti
			C _{godina} *	C _{max} *	broj dana > GV	
HR ZG	ZAGREB-1	92	0,6	3,2	0	NP
	ZAGREB-2	96	0,6	3,3	0	NP
	ZAGREB-3	95	0,5	2,5	0	NP
HR OS	OSIJEK-1	89	0,4	1,7	0	NP
HR RI	RIJEKA-1	96	0,4	0,9	0	NP
	RIJEKA-2	96	0,2	0,5	0	NP
HR 2	KUTINA-1	78	0,5	1,9	0	NP
	SISAK-1	96	0,6	2,4	0	NP

Legenda:

- Plavo Obuhvat podataka manji od 85%
- Crveno Broj prekoračenja CV veći od dozvoljenog
- Nesukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Prekoračena CV)
- Sukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Nije prekoračena CV)
- Neocijenjeno
- * ne koristi se za ocjenu sukladnosti
- GV Granična vrijednost
- NP Nije primjenjivo

Analizom podataka mjerenja CO u aglomeracijama utvrđeno je da u aglomeracijama Zagreb, Osijek i Rijeka ne dolazi do prekoračenja propisane granične vrijednosti kao ni u industrijskoj zoni.

Benzen

Za ocjenu onečišćenosti zona i aglomeracija u 2013. godini (ocjenu sukladnosti sa ciljevima zaštite okoliša propisanih Direktivom 2008/50/EK) sukladno popisu mjernih mjesta za ocjenu onečišćenosti obrađena su mjerenja koncentracija benzena sa tri mjerne postaje. Statistički podaci prikazani su za 1-satne vrijednosti. Srednja godišnja koncentracija ne smije prekoračiti GV od $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ u kalendarskoj godini.

Tablica 14. Sumarni statistički podaci koncentracija benzena u zraku i ocjena onečišćenosti

benzen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
Zona / Aglomeracija	Mjerna postaja / Modeliranje	1-satne koncentracije			Ocjena onečišćenosti
		OP %	C_{godina}	C_{max}^*	
HR ZG	ZAGREB-1	85	2	27,2	
HR OS	OSIJEK-1	78	1	18,3	
HR 02	SISAK-1	86	2	33,4	

Legenda:

- Plavo Obuhvat podataka manji od 85%
- Crveno Broj prekoračenja CV veći od dozvoljenog
- Nesukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Prekoračena CV)
- Sukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Nije prekoračena CV)
- Neocijenjeno
- * ne koristi se za ocjenu sukladnosti
- GV Granična vrijednost

Kao i u slučaju ugljikovog monoksida niti koncentracije benzena nisu prekoračile propisanu graničnu vrijednost u aglomeracijama (Zagreb-1 i Osijek-1) i zoni HR 02

(Sisak 1). Obuhvat podataka na mjernoj postaji Osijek-1 bio je manji od propisanog pa se procjenjuje da u aglomeraciji Osijek ne dolazi do prekoračenja GV.

Metali Pb, Ni, As u PM₁₀

Za ocjenu onečišćenosti zona i aglomeracija obrađena su mjerenja koncentracija nikla (Ni), kadmija (Cd) i arsena (As) u lebdećim česticama PM₁₀ sa jedne mjerne postaje u Industrijskoj zoni (Sisak-1). Podaci olova (Pb) i kadmija (Cd) za ocjenu u zonama dobiveni su modeliranjem. Srednja godišnja koncentracija Pb u PM₁₀ ne smije prekoračiti GV od 0,5 µg/m³ u kalendarskoj godini, srednja godišnja koncentracija As u PM₁₀ ne smije prekoračiti CV od 6 ng/m³ u kalendarskoj godini, srednja godišnja koncentracija Cd u PM₁₀ ne smije prekoračiti CV od 5 ng/m³ u kalendarskoj godini, srednja godišnja koncentracija Ni u PM₁₀ ne smije prekoračiti CV od 20 ng/m³ u kalendarskoj godini.

Tablica 15. Sumarni statistički podaci koncentracija nikla (Ni), kadmija (Cd) i arsena (As) u lebdećim česticama PM₁₀ sa mjerne postaje Sisak-1, te podaci olova (Pb) i kadmija (Cd) dobiveni modeliranjem i ocjena onečišćenosti (sukladnosti)

Cd, Ni i As u PM ₁₀ i Pb i Cd (ng/m ³)						
Zona / Aglomeracija	Mjerna postaja / Modeliranje	Onečišćujuća tvar	OP %	C _{godina}	C _{max} *	Ocjena onečišćenosti (sukladnosti)
HR 1	Model	Pb	100	7,24	-	
		Cd	100	0,22	-	
HR 2	Model	Pb	100	4,37	-	
	Sisak-1	Cd u PM ₁₀	90	0,28	1,3	
		Ni u PM ₁₀	90	7,67	114,0	
As u PM ₁₀	90	0,83	3,7			
HR 3	Model	Pb	100	4,02	-	
		Cd	100	0,09	-	
HR 4	Model	Pb	100	9,19	-	
		Cd	100	0,22	-	
HR 5	Model	Pb	100	3,54	-	
		Cd	100	0,01	-	

Legenda:

Plavo Obuhvat podataka manji od 85%

Crveno Prekoračena srednja godišnja GV ili CV

Orange Nesukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Prekoračena CV)

Green Sukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Nije prekoračena CV)

Grey Neocijenjeno

* ne koristi se za ocjenu sukladnosti

GV Granična vrijednost

CV Ciljna vrijednost

- Nema podatka

Srednje godišnje vrijednosti Cd, Ni i As u PM₁₀ na mjernoj postaji Sisak-1 nisu prekoračile ciljnu vrijednost u 2013. godini. Na osnovi analize ocjenjeno je da su koncentracije Cd, Ni i As u PM₁₀ bile niže od propisanih ciljnih vrijednosti u industrijskoj zoni (HR 2). Na temelju ukupnih koncentracije Pb i Cd u zraku može se procijeniti da

srednje godišnje vrijednosti Pb i Cd u PM_{10} nisu prekoračile graničnu i ciljnu vrijednosti u niti jednoj zoni u 2013. godini.

Benzo(a)piren (BaP) i ostali policiklički aromatski ugljikovodici (PAU) u PM_{10}

Benzopiren nastaje prilikom nepotpunog sagorjevanja goriva. Glavni izvori uključuju izgaranje drva i otpada, proizvodnju koksa i čelika i rad motora vozila.

Statistički podaci mjerenja dobiveni su iz 24-satnih vrijednosti i odnose se na B(a)P u PM_{10} . Statistički podaci modeliranja dobiveni su iz 1-satnih vrijednosti i odnose se na ukupne koncentracije B(a)P u zraku. Srednja godišnja koncentracija B(a)P u PM_{10} ne smije prekoračiti CV od 1 ng/m^3 u kalendarskoj godini. Za ostale PAU GV i/ili CV nisu propisani.

Tablica 16. Sumarni statistički podaci koncentracija benzo(a)pirena u lebdećim česticama PM_{10} u zraku i podaci B(a)P dobiveni modeliranjem i ocjena onečišćenosti (sukladnosti)

B(a)P u PM_{10} (ng/m^3) i B(a)P							
Zona / Aglomeracija	Mjerna postaja / Modeliranje	Onečišćujuća tvar	24-satne koncentracije				Ocjena onečišćenosti (sukladnosti)
			OP %	$C_{\text{godina (prije zao kruživanja)}}$	$C_{\text{godina (nakon zao kruživanja)}}$	C_{max}^*	
HR ZG	Zagreb-1	B(a)P u PM_{10}	90	1,10	1	12,93	
HR 1	Model	B(a)P	100	0,71	1	-	
HR 2	Sisak-1	B(a)P u PM_{10}	90	1,26	1	14,68	
HR 3	Model	B(a)P	100	0,46	0	-	
HR 4	Model	B(a)P	100	0,99	1	-	
HR 5	Model	B(a)P	100	0,28	0	-	

Legenda:

- Plavo Obuhvat podataka manji od 85%
- Crveno Prekoračena srednja godišnja CV
- Nesukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Prekoračena CV)
- Sukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Nije prekoračena CV)
- Neocijenjeno
- * ne koristi se za ocjenu sukladnosti
- CV Ciljna vrijednost
- Nema podatka

Na osnovi analize ocjenjeno je da su koncentracije B(a)P u PM₁₀ bile niže od propisanih ciljnih vrijednosti u aglomeraciji Zagreb i svim zonama. Srednje godišnje vrijednosti B(a)P u PM₁₀ na mjernim postajama Zagreb-1 i Sisak-1 ne smatraju se prekoračenjem, jer se vrijednosti zaokružuju na 1 koliko i iznosi ciljna vrijednost. Zaokružuje se na jednaki broj decimalnih mjesta kao što ga ima i ciljna vrijednost. Na osnovu tih vrijednosti može se procijeniti da srednje godišnje vrijednosti B(a)P u PM₁₀ nisu prekoračile ciljnu vrijednost u zonama Kontinentalna Hrvatska (HR 1), Lika, Gorski kotar i Primorje (HR 3), Istra (HR 4) i Dalmacija (HR 5) u 2013. godini.

ukupna plinovita živa (Hg)

Direktive za živu (Hg) ne propisuju graničnu i/ili ciljnu vrijednost, te se ne može odrediti ocjena sukladnosti sa zahtjevima direktiva, ali se sukladno popisu mjernih mjesta mjeri ukupna plinovita živa (Hg) na jednom mjernom mjestu (Zagreb-1).

Tablica 17. Sumarni statistički podaci koncentracija ukupne plinovite žive (Hg) i podaci Hg dobiveni modeliranjem

Ukupna plinovita živa (Hg) i Hg (ng/m ³)						
Zona / Aglomeracija	Mjerna postaja / Modeliranje	Onečišćujuća tvar	24-satne koncentracije			Ocjena onečišćenosti
			OP %	C _{godina}	C _{max} *	
HR ZG	Zagreb-1	Ukupna plinovita živa (Hg)	90	20,34	172,0	NP
HR 1	Model	Hg	100	1,70	-	NP
HR 2	Model	Hg	100	1,66	-	NP
HR 3	Model	Hg	100	1,51	-	NP
HR 4	Model	Hg	100	1,68	-	NP
HR 5	Model	Hg	100	1,52	-	NP

Legenda:

- Plavo Obuhvat podataka manji od 85%
- Crveno Prekoračena srednja godišnja CV
- Nesukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Prekoračena GV)
- Sukladno sa ciljevima zaštite okoliša (Nije prekoračena GV)
- Neocijenjeno
- * ne koristi se za ocjenu sukladnosti
- GV Granična vrijednost
- NP Nije primjenjivo
- Nema podatka

Uredbom o razinama onečišćenosti propisana je granična vrijednost za ukupnu plinovitu živu (Hg) i ona iznosi 1000 ng/m^3 ($1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$). Srednja godišnja vrijednost izmjerena na mjernoj postaji Zagreb-1 bila je višestruko manja.

4.4 Sumarna ocjena onečišćenosti (nesukladnosti) zona i aglomeracija po onečišćujućim tvarima

Sumporov dioksid SO_2

- Nijedna zona i aglomeracija nije ocjenjena kao onečišćena.
- Aglomeracije Zagreb, Osijek i Split su neocijenjene.

Dušikov dioksid NO_2

- Nijedna zona i aglomeracija nije ocjenjena kao onečišćena.
- Aglomeracija Split je neocijenjena.

Lebdeće čestice PM_{10}

- Aglomeracije Zagreb i Osijek i Industrijska zona su ocjenjene kao onečišćene.
- Aglomeracija Rijeka ocjenjena je kao čista.
- Zone Kontinentalna Hrvatska, Lika, Gorski kotar i Primorje, Istra i Dalmacija nisu ocjenjene kao ni aglomeracija Split.

Lebdeće čestice $\text{PM}_{2,5}$

- Industrijska zona ocjenjena je kao onečišćena.
- Aglomeracija Zagreb ocjenjena je kao čista.
- Aglomeracije Rijeka i Split, te zone Kontinentalna hrvatska, Lika, Gorski kotar i Primorje, Istra i Dalmacija nisu ocjenjene.

Ozon O_3

- Aglomeracija Rijeka ocjenjena je kao onečišćena.
- Aglomeracija Zagreb i Industrijska zona ocjenjene su kao čiste.

- Aglomeracija Split te zone Kontinentalna hrvatska, Lika, Gorski kotar i Primorje, Istra i Dalmacija nisu ocjenjene.

Ugljikov monoksid CO

- Aglomeracije Zagreb, Osijek i Rijeka su ocjenjene kao čiste
- Aglomeracija Split nije ocjenjena.
- Sve zone su ocjenjene kao čiste

Benzen

- Aglomeracije Zagreb, Osijek i Rijeka su ocjenjene kao čiste
- Aglomeracija Split nije ocjenjena.
- Sve zone su ocjenjene kao čiste

Pb i Cd u PM₁₀

- Sve zone ocjenjene su kao čiste
- Sve aglomeracije nisu ocjenjene

Ni i As u PM₁₀

- Industrijska zona ocjenjena je kao čista
- Ostale zone i sve aglomeracije nisu ocjenjene

B(a)P u PM₁₀

- Aglomeracija Zagreb i sve zone ocjenjena su kao čiste
- Aglomeracije Osijek, Rijeka i Split nisu ocjenjene

Ukupna plinovita živa Hg

- Direktive ne propisuju graničnu i/ili ciljnu vrijednost, te se ne može odrediti ocjena sukladnosti sa zahtjevima direktiva
- Aglomeracija Zagreb ocjenjena je kao onečišćena u odnosu na hrvatske propise

Prekoračenja (najveća) u zonama i aglomeracijama koje su ocjenjene kao onečišćene (nesukladne) i razlozi prekoračenja koji su dostavljeni u EK:

Aglomeracija Zagreb

- PM₁₀, (Mjerno mjesto Zagreb-3, broj dana prekoračenja u kalendarskoj godini 76)

Razlozi prekoračenja:

- Lokalna industrija uključujući proizvodnju struje (Local industry including power production)
- Mala ložišta (Domestic heating)
- Drugi razlozi (Other)

Aglomeracija Osijek

- PM₁₀, (Mjerno mjesto Osijek-1, broj dana prekoračenja u kalendarskoj godini, 71)

Razlozi prekoračenja:

- Vrlo prometno urbano središte (Heavily trafficked urban centre)
- Blizina glavne ceste (Proximity to a major road)
- Transport onečišćenja porijeklom iz izvora izvan države članice (Transport of air pollution originating from sources outside the Member State)
- Mala ložišta (Domestic heating)
- Drugi razlozi (Other, High background concentrations)

Aglomeracija Rijeka

- O₃, (Mjerno mjesto Rijeka-2, broj dana prekoračenja u kalendarskoj godini, 39)

Razlozi prekoračenja:

- Prirodni izvori ili prirodni događaji (Natural source(s) or natural event(s))

Industrijska zona

- PM₁₀, (Mjerno mjesto Sisak-1, broj dana prekoračenja u kalendarskoj godini, 68)

Razlozi prekoračenja:

- Lokalna benzinska postaja (Local petrol station)
- Parking (Parking facility)

- Lokalna industrija uključujući proizvodnju struje (Local industry including power production)
- Mala ložišta (Domestic heating)
- PM_{2.5}, (Mjerno mjesto Slavonski Brod-1, srednja godišnja vrijednost, 26,05)

Razlozi prekoračenja:

- Transport onečišćenja porijeklom iz izvora izvan države članice (Transport of air pollution originating from sources outside the Member State)
- Mala ložišta (Domestic heating)
- Drugi razlozi (Other, Construction works from januar to april)

4.5 Prikaz stanja kvalitete zraka po onečišćujućim tvarima

Na temelju razina onečišćenosti, s obzirom na propisane granične vrijednosti, te ciljne vrijednosti i dugoročne ciljeve za ozon, utvrđuju se kategorije kvalitete zraka za 2013. godinu i može se zaključiti:

Vrijednosti PM₁₀ visoke su u industrijskim središtima, te u većim gradovima kontinentalne Hrvatske Zagrebu, Sisku, Osijek u i Kutini gdje su povišene vrijednosti vezane uz promet i industriju, kao i povišene vrijednosti BaP u PM₁₀ u Zagrebu i Sisku na mjernim postajama uz prometnice.

Visoke vrijednosti PM_{2,5} zabilježene su u Zagrebu i Slavonskom Brodu.

Za razliku od primarnih onečišćujućih tvari, koje se emitiraju izravno u zrak, prizemni (troposferski) ozon (O₃) ne ispušta se izravno u atmosferu nego se formira složenim kemijskim reakcijama, te na njega utječu emisije njegovih prekursora, kao što su dušikovi oksidi (poznati kao NO_x koji uključuju NO i NO₂) i nemetanski hlapivi organski spojevi (NMHOS). Te reakcije potaknute su sunčevim zračenjem. Visoke vrijednosti ozona zabilježene su u Zagrebu i Slavonskom Brodu kao posljedica onečišćenja prometom i industrijom, te u priobalju gdje je intenzitet sunčevog zračenja visok. Također do prekoračenja ciljnih vrijednosti za prizemni ozon došlo je na gotovo svim pozadinskim

postajama na cijelom teritoriju RH, što ukazuje na značajan regionalni doprinos kao i utjecaj prekograničnog transporta.

Povišene vrijednosti NO₂ zabilježene su u blizini prometnica u gradovima (Zagrebu, Splitu, Rijeci i Šibeniku) iz čega se može zaključiti da je dominantni uzrok zagađenja s NO₂ izgaranje goriva u cestovnom prometu.

Prekoračenja H₂S vezana su uz velika industrijska središta Rijeke, Siska i Slavenskog Broda koji je također u blizini industrije, kao i prekoračenje NH₃ koje je zabilježeno jedino u Kutini.

Tablica 18. Mjerne postaje na kojima je zrak bio II kategorije u odnosu na vrstu onečišćujuće tvari u 2013. godini

Onečišćujuća tvar	II. kategorija		
	Broj mjernih mjesta	Ime postaje, grad/naselje	Ime postaje, grad/naselje
PM ₁₀	14	Zagreb-1 Đorđićeva ulica Ksaverska cesta Peščenica Prilaz baruna Filipovića Zagreb-2 Krešimirova ulica	Siget Susedgrad Sisak-1 AMP Sisak 2 – Galdovo AMP Sisak-3 Viševac Kutina-1
PM ₁₀ (gravimetrija)	3	Zagreb-1 Sisak-1	AMP Sisak-2 Galdovo
PM _{2,5}	2	Slavonski Brod-1	Siget
O ₃	13	Slavonski Brod-1 Desinić Zagreb-3 Plitvička jezera Opatija, Gorovo Paveki Rijeka-2	Polača (Ravni kotari) Opuzen Hum (Vis) Žarkovica AP Koromačno-Brovinje Krasica-Urinj
NO ₂	7	Zagreb-1 Đorđićeva ulica Prilaz baruna Filipovića Siget	Središte grada, Šibenik Poljud, Split Ul. F. la Guardia
H ₂ S	3	Slavonski Brod-1 Sisak-1	Urinj
NH ₃	2	Kutina-1	K-2 Vatrogasni dom
Ukupno	44		

Iz tablice je vidljivo da se sva prekoračenja graničnih i/ili ciljnih vrijednosti obzirom na zaštitu zdravlja ljudi odnosi na tri onečišćujuće tvari: lebdeće čestice (PM_{10} i $PM_{2,5}$), ozon (O_3) i dušikov dioksid (NO_2). Ostala onečišćenja odnose se na prekoračenja graničnih vrijednosti obzirom na kvalitetu življenja specifičnim onečišćenjima kao što su H_2S i NH_3 . Ukupan broj prekoračenja GV nešto je smanjen u odnosu na 2012. godinu. Na svim ostalim mjernim postajama za sva mjerena onečišćenja, kvaliteta zraka bila je na razini I kategorije.

5. ZAKLJUČAK

Preventivnim mjerama i instrumentima očuvanja kvalitete zraka nastoji se promišljenim planiranjem zahvata u okolišu, predviđanjem mogućih utjecaja na kvalitetu zraka, propisivanjem adekvatnih uvjeta zaštite zraka, praćenjem i izvješćivanjem o kvaliteti zraka, usklađivanjem i poboljšavanjem zakonodavstva te izgradnjom i jačanjem institucionalnih, organizacijskih i stručnih/znanstvenih kapaciteta spriječiti onečišćenje i poboljšati kvalitetu zraka. Preventivne mjere obuhvaćaju postojeće međusektorske mjere i instrumente zaštite okoliša i dodatne mjere čija je svrha unaprjeđivanje cjelovitog sustava upravljanja kvalitetom zraka u Republici Hrvatskoj.

Saniranje zdravstvenih posljedica zagađenja zraka predstavlja veliko financijsko opterećenje za zdravstveni sustav. Procjene su da od bolesti koje su nastale kao posljedica zagađenja zraka u Europskoj uniji svake godine umire 450.000 ljudi. U prosjeku zagađenje zraka skraćuje život Europljana za 8 mjeseci. Procijenjeni troškovi za zdravstveni sustav pak iznose između 277 i 790 milijardi Eura (APHEKOM: assessing air pollution in 25 EU cities). Zagađenje zraka je lokalni, europski i globalni problem. Izvori zagađenja zraka su mnogobrojni i uključuju energetske sektor, transport, industriju, otpad i kućanstva.

Ukratko, zagađenje zraka jedan je od najvećih javno-zdravstvenih problema s dalekosežnim utjecajem na osobno zdravlje i kvalitetu života. Da bi se smanjilo onečišćenje zraka i tako spriječili mnogobrojni štetni učinci na čovjeka i njegov okoliš, trebalo bi promijeniti uvriježeni stav prema ekonomskom standardu i socijalnim ciljevima, te obzirno i dogovorno početi upotrebljavati prirodna dobra, mehanička sredstva i energiju.

6. LITERATURA

- [1] <http://www.matrixworld.com/>, *Pristupio*: 2015-3-10
- [2] Državni hidrometeorološki zavod, Ocjena kvalitete zraka na teritoriju Republike Hrvatske, Zagreb, 2014.
- [3] Penzar Branka i sur: Meteorologija za korisnike, Školska knjiga, Zagreb, 1996, ISBN 953– 0–30847–7
- [4] http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_10_117_2521.html,
Pristupio: 2015-3-18
- [5] https://hr.wikipedia.org/wiki/Glavna_stranica, *Pristupio*: 2015-3-12
- [6] Godišnje izvješće o praćenju kvalitete zraka na području Republike Hrvatske za 2013. godinu, Zagreb, 2014.
- [7] <http://iszz.azo.hr/iskzl/index.html>, *Pristupio*: 2015-3-12
- [8] <http://www.ekologija.com.hr/>, *Pristupio*: 2015-3-10
- [9] <http://kvaliteta-zraka.imi.hr/>, *Pristupio*: 2015-4-11
- [10] http://meteo.hr/twinning/hr/index.php?id=kakvoca_zraka, *Pristupio*:
2015-3-10
- [11] Penzar Branka i Ivan: Agrometeorologija, Školska knjiga, Zagreb, 2000.
ISBN 953–0–30678–4
- [12] <http://www.eea.europa.eu/hr/signals/signals-2013/clanci/svaki-nas-udisaj>, *Pristupio*: 2015-3-10
- [13] <http://www.mzoip.hr/hr/okolis/zrak.html>, *Pristupio*: 2015-4-9