

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ БЕЗБЕДНОСТИ
КАТЕДРА СТУДИЈА УПРАВЉАЊА У ВАНРЕДНИМ СИТУАЦИЈАМА И ЗА
ЕКОЛОШКУ БЕЗБЕДНОСТ



УТИЦАЈ ПМ 2,5 НА ЗДРАВЉЕ-СТУДИЈА СЛУЧАЈА
ПЕКИНГ-БЕОГРАД

- ДИПЛОМСКИ РАД -

Ментор:
Дејана Јовановић Поповић
Проф. Др.

Студент:
Јелена Драговић
58/17

Београд, 2022

САДРЖАЈ

1. УВОД	4
2. СУСПЕНДОВАНЕ ЧЕСТИЦЕ	6
2.1. Појмовно одређење суспендованих честица	6
2.2. Класификација	9
2.3. Извор и настанак	10
3.1. Утицај на респираторни систем-Covid-19	14
3.2. Утицај на осетљиво становништво	17
3.3. Аерозагађење као фактор ризика за развој малигних обољења	19
4. МЕРЕ ЗАШТИТЕ	22
4.1. Мониторинг	22
4.2. AQI	26
4.3. Препоруке за смањење изложености	29
4.4. Заштитна средства	33
5. ЗАГАЂЕНОСТ ВАЗДУХА ЧЕСТИЦАМА 2,5 ОД 2013-2020 ПЕКИНГ	36
6. ЗАГАЂЕНОСТ ВАЗДУХА ЧЕСТИЦАМА 2,5 БЕОГРАД	40
7. ЗАКЉУЧАК	49
ЛИТЕРАТУРА	51

1.УВОД

Ваздух је неопходан услов за опстанак живог света и човека, и као такав представља предмет изучавања и заштите. Квалитет ваздуха битно утиче на одржање и развој како људске, тако и других популација живих врста. Загађење ваздуха је развојем техника и иновација постало све учесталије, а начин живота савременог људског друштва доприноси додатном загађењу. Како су људске активности везане за промет услуга, робе и добара, тако се и активности које загађују ваздух рапидно појачавају. Раст људске популације укључујући и урбанизацију са појавом потрошачког друштва додатно поспешује процесе загађења ваздуха. Како је проблем загађења ваздуха глобалног карактера, битно је деловати локално и све активности које доприносе загађењу треба редуковати или елиминисати.

Људима у нашој замљи у оквиру тематике загађења ваздуха и животне средине уопште „релативно су познати“ појмови попут ефекта стаклене баште, утицаја CO, CO₂, NO₂ и сл. међутим већини је термин “суспендоване честице” потпуно стран.

Суспендоване честице често ради лакшег објашњења дефинишу и као пепео. Ове честице састоје се од органских и неорганских елемената (несагореног угља као и отровних супстанци попут Se, Ar, Zn додуше у мањој количини). Међутим састав, величина и композиција сваке појединачне честице зависиће од њиховог извора и начина настанка. Величине суспендованих честица варирају од 0,002 микрона до чак 100 микрона, и по правилу што су ситније имају већи ефекат на здравље човека.

Осим утицаја на здравље човека суспендоване честице доводе до низа других проблема попут смањене видљивости која резултује успореним саобраћајем који

онда обратно утиче на још већу емисију ових честица. Мале суспендоване честице често доводе до корозије изузетно постојаних материјала попут камената и метала. Њихов утицај на човека, иако неоспоран, надјачан је негативним утицајем који ове честице имају на природу, а пре свега на шуме чијим уништавањем уништавамо и наш основни извор живота, кисеоник.

Бројни светски признати научници осмислили су технике и поступке којима би се ове честице могле поново раставити на њихове градивне елементе и тако умањити њихов утицај, али те технике су још увек већини недоступне и зато су мере заштите који сами можемо спровести од виталног значаја. Потребно је у што већој мери локално радити макар на покушају смањења загађења да бисмо глобално приметили да долази до бољитка (Basu, 2018).

У раду ћемо најпре анализирати појам суспендованих честица, њихов настанак и извор, као и мере заштите, али ће посебна пажња бити поклоњена утицају суспендованих честица 2,5 на здравље човека.

2. СУСПЕНДОВАНЕ ЧЕСТИЦЕ

2.1. Појмовно одређење суспендованих честица

Опште посматрано, утицај на здравље људи, ефекти по животну средину и судбина честица зависе од њихове величине. Што су честице мање, лакше допиру даље од извора емисије с једне стране, а са друге стране такве честице имају особину да дубље и ефикасније продру у респираторни тракт и плућни паренхим. Такође, битне карактеристике ових честица су: састав, величина, густина, испарљивост, реактивност и најбитније токсичност и патогеност. Честице које су присутне у атмосфери су реда величине од 0,002 до 100 микрона. Самим тим, што је честица већа, она има и већу тежину па тако и време које она проведе у ваздуху лебдећи мери се сатима. Честице које су најважније са гледишта атмосферске хемије, физике, здравствених ефеката су честице у опсегу 0,002 до 10 микрона и класификују се као (Ramírez, и сар., 2018):

- ПМ_{2,5-10}, грубе честице тј. инхалабилне,
- ПМ_{2,0-0,1}, фине честице,
- ПМ_{0,1}, ултрафине честице.

У зависности од пречника и карактеристика честица предузимају се и разне методе за смањење загађења и тровања.

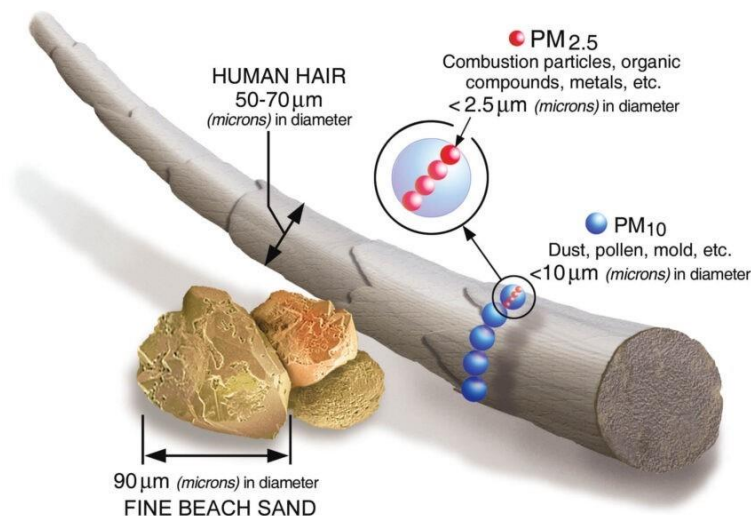
Једна дефиниција домаћих аутора гласи овако-“ПМ честице – суспендоване честице – , познате као невидљиве убице из ваздуха представљају прашину мању од 10 микрона, мешавину чврстих честица дима, чађи, прашине и киселине, уз тешке метале попут олова, кадмијума, никла и арсена, а настају као последица

комбинованог утицаја грејања, саобраћаја и индустрије. У приорди су присутне и мање од 4, 2.5 па и 1 микрон” (Кристофоровић-Илић, 2002).

Уз ПМ10 увек иду и ПМ2.5 честице које још лакше доспевају у организам јер су ситније, и управо оне са собом носе тешке метале. ПМ2.5 честице су веома мале и оне могу да се уоче само помоћу микроскопа.

На следећој илустрацији можемо видети величину ПМ10 и ПМ2.5 у поређењу са власи косе(Слика1).

Слика 1. Поређење величина ПМ10 и ПМ2.5 у поређењу са власи косе



Извор: (Ramírez, и сар., 2018)

Влас косе у пречнику је од 50-70 микрона док је ПМ_{2.5} честица 2.5 микрона што представља 3% пречника власи косе. Проветравање просторије се препоручује од 11 па до 17 сати, када је концентрација ПМ честица у ваздуху мања. Рани јутарњи часови су најкритичнији. Увече је мања продукција дима и гасова из саобраћаја па је ситуација нешто повољнија увече него ујутру.

2.2. Класификација

Европска Унија и Светска Здравствена организација прописале су граничне вредности за ПМ честице које износе :

ЕУ – ПМ10 честице 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; - годишња изложеност

ПМ2.5 честице 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ - годишња изложеност (European Environment Agency,2021)

СЗО – ПМ10 честице 45 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -24h изложеност

ПМ10 честице15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -годишња изложеност

ПМ2,5 честице 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -24h изложеност

ПМ2,5 честице5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -годишња изложеност

Према Светској здравственој организацији уколико живите у месту у ком је концентрација ПМ2,5 честица до 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, оно се може сматрати чистим, док је концентрација до 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ нездрава за осетљиву групу као што су деца, старије особе, труднице и људи са осетљивим респираторним системом. Кад се прекорачи граница од 55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, говоримо о скроз нездравој средини и великој изложености ризику (World Health Organization, 2021).

2.3. Извор и настанак

У људској природи је да човек самостално обавља рад, те се услед тих појединачних активности јавила и велика појава појединачних извора. Иако се савремено људско друштво концентрисало око индустријских зона ради смањења појединачних активности, нпр. централно грејање, сваки аутомобил, индивидуално ложиште, камин, инсинерација отпада и други, представља засебан индивидуални извор. Енергија која се ослобађа и емисија загађења из многих индивидуалних извора много је већа од појединачног индустријског загађења. Контрола малих извора загађења, захтева посебне предуслове, као што је нпр. замена индивидуалних камина, већим, централним типом грејања.

Линијски извори загађења. Извори које називамо линијским представљају скуп појединачних извора који су поређани у низу, као што су путеви, пруге, низ индустријских објеката.

Управо код оваквих извора имамо појаву да је дуж линије извора, појачан ниво аерозагађења, а самим тим и загађеност животне средине израженија. На ефекте линијских извора аерозагађења утичу рељеф, клима, руже ветрова и др.

Површински извори. Услед појаве великих индустријских области и градова, дошло је до формирања површинских извора аерозагађења, у којима више мањих тачкастих загађивача и линијских извора загађења, услед саобраћаја и развијене индустрије, на већој површини загађује људску околину. На једној градској површини може бити неколико фабрика, котларница за грејање и више великих и важних саобраћајница, које повезују индустријски центар са околином. Оваква целина чини површински извор загађења.

Како материје могу бити разврстане у различита агрегатна стања, тако нечистоће могу бити у виду гасова, чврстих честица и аеоросола.

Гасови. Различити гасови који се емитују из различити извора, могу хемијски реаговати са компонентама из ваздуха под утицајем Сунчевог зрачења, и тако се добијају продукти штетни за животну средину. Гасови као загађивачи ваздуха могу бити они који нису природне компоненте атмосфере (CO_2 , NO_x и др.) као и они гасови који су у саставу ваздуха, али повећање њихове концентрације угрожава еколошку равнотежу (CO_2 , NH_3 и др.).

Честице у ваздуху називамо као чврсту фазу дисперговану у ваздуху, величине од појединачних молекула (од 0,0002 микрометра у пречнику), па до 500 микрометара. У зависности од величине могу бити: лебдеће, суспендоване или грубе. По хемијском саставу, могу бити оксиди метала, соли разних киселина и база, органска једињења, полен, чађ или смеша наведених састојака.

Аеоросоле називамо материјал диспергован у атмосфери у различитом агрегатном стању. Аеоросол се може сврстати под честице, али и обротно, честице јесу једина врста ваздушног раствора, али су, услед промене притиска и температуре, промениле и агрегатно стање.

Изворе суспензованих честица у ширем смислу можемо поделити на спољне одн. амбијенталне и унутрашње. У ужем смислу можемо их поделити на следећих 6 категорија:

- Саобраћај,
- Индустрија,
- Индивидуална ложишта,
- Прашина настала са замљишта,

- Морска со и
- Извори људског порекла.

Саобраћај, највећи извор суспендованих честица. На емисију честица делује двојако. Најпре избацивањем честица у ваздух преко издувног система, које настају услед сагоревања горива, загревања уља и сл., али такође кроз трошење пнеуматика, кочионог система и осталих механичких делова возила чиме честице доспевају на коловоз где се услед брзине кретања возила поново подижу са асфалта у ваздух.

Индустрија је уз саобраћај највећи извор загађења, пре свега због сагоревања различитих врста горива, прераде уља и сличних технолошких поступака, а индустрије које највише доприносе загађењу су петрохемијска, металуршка, фармацеутска и индустрија тешких метала.

Емисија из **индивидуалних ложишта** обухвата сагоревање дрва и угља у циљу грејања или кувања. Ова врста емисије је изузетно велики загађивач пре свега у зимском периоду, природно због потребе за константним огревом. Највећи проблем са овом врстом извора загађења је забележен у Централној Европи.

Прашина настаје распадањем стена и расејавањем земљишта. Она сама по себи није толико штетна, али уколико дође до јаких ветрова ове честице могу доспети на велике удаљености, и у комбинацији са честицама насталим из саобраћаја додатно загадити ваздух.

Морска со је карактеристична за подручја близу обале, док је у континенталним областима срећемо искључиво под утицајем јаких ветрова.

Извори људског порекла обухватају секундарне честице настале људским деловањем. Секундарне честице настају када дође до хемијских реакција између или унутар примарних честица. Новонастале честице могу имати органски или неоргански састав (Karagulian, et al., 2015).

Примарне и секундарне суспендоване честице осим према величини разликују се и према саставу.

Примарне честице састоје се од:

- Натријум хлорида (морске соли)
- Елементарног угљеника из фосила и од сагоревања природних горива
- Трагова метала(олово, кадмијум, бакар, хром, цинк...) из технолошких процеса металуршке индустрије и процеса механичке абразије.
- Минералних компонената(алуминијум, силикон, калцијум, гвожђе) из грађевине, рушења објеката и сл.

Секундарне честице састоје се од:

- Сулфата који настаје оксидацијом SO_2 до сулфатне киселине (H_2SO_4) која затим реагује са NH_3 формирајући амонијум сулфат($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$).
- Нитрата који се формира оксидацијом NO_x до нитритне киселине (HNO_3) која затим реагује са NH_3 чиме настаје амонијум нитрат (NH_4NO_3). Такође, може реаговати и са натријумом при чему ће настати натријум нитрат (NaNO_3).
- Атмосферске воде (Breeze technologies, 2021).

3. УТИЦАЈ ПМ 2,5 НА ЗДРАВЉЕ

Због изузетно мале величине ПМ 2,5 честице се понашају као гас. Продиру кроз дисајни систем у алвеоле чак и до крвотока. У случају удисања ПМ 2,5 честице скраћују дах, срце се напреже да би компензовало смањени унос кисеоника и при том се исцрпљује. Често могу изазвати осећај гушења чак и напад астме. У случају веће концентрације и дуготрајне изложености могу утицати и на повећање крвног притиска, срчаног или можданог удара па и преране смрти.

Иако влада мишљење да су људи који болују од ресираторних обољења под већим ризиком, заправо, људи који болују од кардиоваскуларних болести су више изложени штетном дејству ПМ 2,5 честица. У најугроженију категорију спадају деца, старији, труднице и особе са постојећим оштећењима плућа или другим обољењима респираторног система.

3.1. Утицај на респираторни систем-Covid-19

У анализи 3008 округа у Сједињеним Државама, научници са -Универзитета Харвард *T.H. Chan* школе јавног здравља, открили су да су виши нивои ситних, опасних честица у ваздуху, познате као ПМ2.5 честице повезане са вишом стопом смртности од COVID -19 вируса.

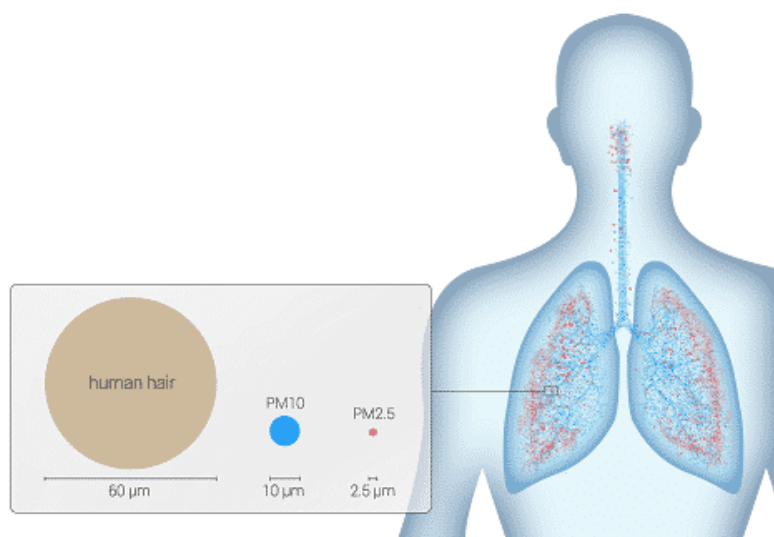
Резултати ове студије наводе да дуготрајна изложеност загађеном ваздуху повећава могућност доживљавања најтежих исхода, написали су аутори студије.

Студија је однета на рецензију и објављивање у престижном часопису о медицини *New England Journal*. “Ова студија пружа доказе да ће окрузи који имају већу загађеност ваздуха имати већи ризик од смрти због COVID-19”.

Подручја са вишим нивоима загађења ће бити она која ће имати више хоспитализованих, већи број умрлих.

Повезаност између изложености трудница финим честицама и урођеним манама је такође успостављена путем неколико истраживања. Деца, старије особе и они који пате од плућних и/или срчаних обољења су посебно осетљиви на неповољне ефекте финих честица у ваздуху и потребно је предузети специјалне мере када нивои ПМ_{2,5} пређу здраве границе. Више о томе говорићемо у наредним поглављима (Wu, 2020).

Слика 2. Приказ односа пречника људске длаке и величине ПМ10 и ПМ2.5 честица



Извор: <https://www.env-health.org>

На слици су са намером ПМ2.5 честице даље у плућима, јер продиру дубље него ПМ10 честице, а могу чак и ући у крвоток и стићи до екстрапулмоналних ткива (Health and Environment Alliance, 2021) (Слика 2).

3.2. Утицај на осетљиво становништво

Највећа стопа осетљивости на изложеност честицама ПМ 2,5 утврђена је код деце, трудница, старијих особа и особа са већ постојећим удруженим обољењима. Једна студија спроведена у Бостону истраживала је утицај ПМ 2,5 честица код особа са дијабетесом (тип I и II), као и код особа са повишеним ризиком од настанка дијабетеса. Студија је показала да код особа са повишеним ризиком од настанка нема веће осетљивости у односу на просечне здраве особе истих година, али да код особа које пате од дијабетеса постоји већа стопа утицаја ПМ 2,5 на организам пре свега на кардиоваскуларни систем. Научници су дошли до закључка да су особе са дијабетесом типа II склоније већем ризику од кардиоваскуларних проблема услед изложености загађењу од особа са дијабетесом типа I (O'Neill, et al., 2005).

Истраживања која су спроведена са трудницама показала су да изложеност повишеном нивоу ПМ честица, пре свега ПМ 2,5 честица, изазивају оштећења имуног система беба, малу тежину на рођењу, оштећења плућа, а у најгорем случају и неуролошке проблеме. Велике здравствене организације препознале су овај проблем и увођењем бројних регулатива желе да смање утицаје загађења на бебе у пренаталном периоду, али постоји велики раскорак између изложености загађењу трудница у развијеним земљама и земљама трећег света (Johnson, et al., 2021).

Изложеност загађењу негативан утицај има на децу и након пренаталног периода. Кина је традиционално земља са високим нивоом загађености услед

убрзане индустријализације коју спроводи у претходним деценијама, самим тим Кина је једна од земаља која спроводи највећи број истраживања о утицају загађења на становништво. Једна таква студија спроведена је у граду Ланцхоу у периоду од 5 година од 2013-2017 на деци узраста од 7-12 година. Закључак до кога су научници за ових 5 година дошли је да су деца која живе у урбанијим деловима града и константно су изложена вишим нивоима загађености имала већа оштећења респираторног система од оних који живе у руралнијим срединама.

Такође, дошли су до закључка да се веће последице јављају код девојчица него код дечака. Највећи утицај изложеност загађености има код деце која већ имају отежано функционисање респираторног система услед дијагностификоване астме (Li, et al., 2020).

Слична развојна студија спроведена је и на популацији старијој од 65 година у 7 држава САД-а. У периоду од 2000-2013 године научници су пратили изложеност загађености ПМ 2,5 на узорку од 13,1 милиона грађана старијих од 65 година и покушали да је повежу са повећаним нивоом смртности. Закључци до којих су дошли су следећи:

- Повећана смртност повезана са нивоом изложености честицама ПМ 2,5 зависи од бројних индивидуалних карактеристика попут дела града у коме живите, температуре, боје коже и сл.;
- Већа стопа смртности забележена је код црне популације у односу на белце, такође, већа смртност је забележена код мушкараца него код жена;
- Смртност је већа и у оним комшилукима у којима има више припадника радничке класе у односу на комшилуке са високо образованим становништвом;
- Већи број смртних случајева срећемо код оних коју су раније били хоспитализовани услед неке од здравствених компликација;
- И сл.

На основу прегледа ових студија можемо закључити да осим биолошких фактора на повећана оштећења организма, па чак и смртни исход, услед изложености загађењу честицама ПМ 2,5 утичу и бројни демографски фактори

(Wang, et al., 2017).

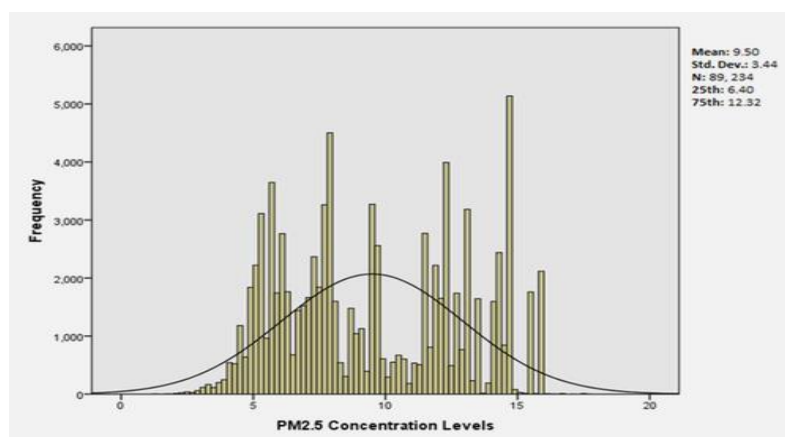
3.3. Аерозагађење као фактор ризика за развој малигних обољења

Бројна истраживања доказала су повезаност између изложености ПМ 2,5 и настанка канцера, односно повећане смртности код особа са већ постојећим канцером. Сходно томе што суспендоване честице 2,5 због своје величине највише утичу на стање плућа, управо канцер плућа се најчешће доводи у везу са повећаном изложеношћу овим честицама. Међународна агенција за истраживање канцера (IARC) у октобру 2013. класификовала је суспендоване честице из спољних извора као један од канцерогена који доводе до развијања рака плућа код људи. Канцер плућа је један од најсмртоноснијих облика ове болести, што доказују подаци који кажу да је од рака плућа само 2012. године оболело око 1 825 000 људи глобално, чинећи тако да рак плућа има 13% удела у укупном броју оболелих од канцера. Од претходно наведеног броја оболелих 1 059 000 је преминуло, што у коначном збиру резултује чињеницом да умрли од рака плућа чине 19,4% од укупног броја преминулих од рака уопште. Највећи изазивач канцера плућа међу суспендованим честицама су честице 2,5 специфично оне које настају услед рада мотора возила (Huang, et al., 2017).

Разматрањем студије спроведене у Канади видимо да и у случају овог тешког малигног обољења неке демографске и индивидуалне карактеристике имају пресудни утицај на оболевање.

Студија је спроведена на узорку од 89 248 жена које су биле излагане различитим концентрацијама честица 2,5 од 1,3 што је релативно мала изложеност до $17,6\mu\text{g}/\text{m}^3$ која је изузетно висока, а просечна изложеност износила је $9,1\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Графикон 1).

Графикон 1: Графички приказана просечна изложеност у току спровођења студије у Канади.



Извор: Tomczak, A, et al. 2016.

Број жена који је оболео од канцера плућа на крају овог истраживања био је 932 (отприлике 1%). Од овог броја 13% је оболело од карцинома сквамозних ћелија, 16% од малих ћелија карцинома, 16% од великих ћелија карцинома и 44% од аденокарцинома. Закључили су да је изложеност количини честица 2,5 од $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ значајно повећавала ризик од настанка карцинома плућа. Такође, 40% већу шансу за оболевања од карцинома плућа имају пушачи, док се гојазност показала као фактор који није пресудан или има изузетно мали утицај. За разлику од претходно спровођених студија ова студија је показала значајно већу

повезаност између изложености честицама 2,5 и развијања карцинома плућа, међутим као ограничавајући фактор овог истраживања треба узети чињеницу да је оно спровођено искључиво на женама које независно од изложености овим честицама чешће оболевају од ове болести (Tomczak, et al., 2016).

4. МЕРЕ ЗАШТИТЕ

Један од основних услова за управљање квалитетом ваздуха је организовање надзорног и алармног система, који се назива, мониторинг систем. Њиме се континуирано прате природа, извори, квантитет и дисперзија разних сумњивих или проверено штетених честица које се испуштају у ваздух, кретање тих честица, њихов ефекат на жива бића, и посебно на здравље човека. Загађујуће супстанце које подлежу мониторингу су: таложне честице из ваздуха, органске и канцерогене супстанце, неорганске супстанце, тешки метали у суспендованим честицама.

4.1. Мониторинг

Мониторинг се врши систематским мерењем, испитивањем и оцењивањем загађења животне средине које обухвата праћење природних фактора, односно промену стања и карактеристика животне средине, укључујући и мониториинг у суседним земљама. Мониторинг обухвата праћење ваздуха, воде, земљишта, шуме, биодиврезитет, елементе климе, озонски омотач, јонизујуће и нејонизујуће зрачење, буку, отпад, рану најаву удеса са праћењем и проценом развоја загађења животне средине, као и преузете обавезе из међународних уговора. Контролни систем праћења, оцене и прогнозе промене стања ваздуха спољашње средине означен је као мониторинг систем („Службени гласник РС“, број 135/ 2004).

Савремена дефиниција мониторинга подразумева проток прикупљених информација кроз систем. У сврху мониторинга формира се база података

загађивача животне средине. Израђује се софтвер који омогућује ефикасно коришћење ових података ради добијања брзих информација о стању и квалитету животне средине.

Мониторинг може да обавља овлашћена организација ако испуњава услове у погледу кадрова, опреме, простора, акредитације и др.

Циљеви мониторинга квалитета ваздуха су (Rose, 1972):

- Спровођење оцене утицаја на здравље,
- Информисање јавности о квалитету ваздуха,
- Одређивање извора загађења и експозиције,
- Контрола поштовања националних и међународних стандарда,
- Добијање објективних података потребних за управљање квалитетом ваздуха.

Основни задаци мониторинга квалитета ваздуха су (Кнежевић и сар.,2015):

- Мерење емисије из најзначајнијих извора,
- Континуирано мерење метеоролошких параметара,
- Мерење емисије загађујућих супстанци.

Велики број различитих извора загађења указује да је решавање проблема аерозагађења веома сложено, скупо, а понекад и немогуће. Главни циљ целокупног рада на проблему аерозагађења је успешно спречавање емисије загађујућих супстанци, смањење постојећег аерозагађења, потпуно решење проблема.

У две групе можемо поделити циљеве праћења квалитета ваздуха (Кнежевић и сар.,2015):

- Циљеви програма праћења за средње индустријализовани град са постојећим или потенцијалним проблемом аерозагађења,
- Специјални циљеви, чија је реализација питање слободног избора и обично захтевају комплексна решења.

Основни програм праћења квалитета ваздуха треба да обезбеди податке, потребне за израду стандарда за квалитет ваздуха и да омогући израду прихватљивог програма заштите квалитета ваздуха. Овај програм обухвата праћење присуства главних загађујућих супстанци у ваздуху (Stern, 1977):

- CO₂,
- NO_x
- CO,
- Лебдеће честице,
- Фотохемијских оксиданата и др.

Циљ основног програма праћења квалитета ваздуха је праћење дугорочних загађења, да би се утврдили степени побољшања или погоршања квалитета ваздуха у урбаним и индустријским срединама. Да би се одредио квалитет праћења, неопходно је бар пет узастопних година вршити анализе и мерења, а на основу упоређивања стандарда и закона и добијених података врши се оцена квалитета ваздуха. На наредној слици приказан је изглед станице за мониторинг (Слика 3).

Слика 3. Изглед станица за мониторинг



Извор: <https://www.cins.rs/kvalitet-vazduha-u-2019-bolje-merenje-vece-zagadjenje-bor-opasan-po-zivot/>

Циљеви праћења квалитета ваздуха су и (Кнежевић и сар.,2015):

- Процена опасности по здравље људи,
- Процена опасности за остале елементе животне средине,
- Активирање заштитних мера,
- Испитивање посебних жалби грађана,
- Обезбеђивање основних података о концентрацијама загађујућих

супстанци за просторно планирање.

Процена опасности за остале елементе животне средине укључује штетне утицаје на биљке и дрвеће у урбаним срединама. Праћење загађења може бити током 24 часа, а ако се ради о великом варирању концентрација, праћење концентрације загађивача треба бити континуирано. Мерење концентрација треба се вршити у мрежи тачака које су репрезентативне за густо и ретко насељене области, индустријске комплексе и др. Испитивање посебних жалби грађана неопходно је ради скупљања података о локалним изворима загађења. Узорковање и мерење треба бити континуирано како би се уочили пролазни скокови у концентрацијама загађивача.

4.2. AQI

СЕПА је у претходној години променила скалу боја којима изражава појединачне категорије загађења, а најчешће критике долазе на рачун промене која је направљена везано за ПМ 2,5 (Табеле 1 и 2). Ипак из агенције наводе да је ова промена направљена да би ускладили критеријуме са *CAQI*. СЕПА је недавном променом олабавила критеријуме за ПМ_{2,5}, а донекле и за азот-диоксид, што се види кад се упореди последњи годишњи извештај. Али истовремено их је поопштрила за ПМ₁₀, сумпор-диоксид (CO₂) и озон (O₃).

CAQI је резултат пројекта којег је финансирала Европска унија и уведен је 2006. године. Европска агенција за животну средину (ЕЕА) има различит стандард, *EAQI*, уведен 2017. године. Мрежа станица у систему који користи *CAQI* је много мања него она што може да се прати преко ЕЕА, већина станица је у Француској и за малобројне уопште има података (Табела 3).

Табела 1: Нова табела СЕПА. Вредности за угљен моноксид представљене су у милиграмима по кубуку, док су вредности за остале категорије представљене у микрограмима.

Zag. materija	Period usr.	ODLIČAN	DOBAR	PRIHVATLJIV	ZAGAĐEN	JAKO ZAGAĐEN
SO ₂	1h	0ug.m-3 - 50ug.m-3	50.01ug.m-3 - 100ug.m-3	100.01ug.m-3 - 350ug.m-3	350.01ug.m-3 - 500ug.m-3	Iznad 500.01ug.m-3
O ₃	1h	0ug.m-3 - 60ug.m-3	60.1ug.m-3 - 120ug.m-3	120.1ug.m-3 - 180ug.m-3	180.1ug.m-3 - 240ug.m-3	Iznad 240.1ug.m-3
CO	1h	0mg.m-3 - 5mg.m-3	5.00001mg.m-3 - 10mg.m-3	10.00001mg.m-3 - 25mg.m-3	25.00001mg.m-3 - 50mg.m-3	Iznad 50.00001mg.m-3
PM _{2.5}	1h	0ug.m-3 - 15ug.m-3	15.01ug.m-3 - 30ug.m-3	30.01ug.m-3 - 55ug.m-3	55.01ug.m-3 - 110ug.m-3	Iznad 110.01ug.m-3
PM ₁₀	1h	0ug.m-3 - 25ug.m-3	25.01ug.m-3 - 50ug.m-3	50.01ug.m-3 - 90ug.m-3	90.01ug.m-3 - 180ug.m-3	Iznad 180.01ug.m-3
NO ₂	1h	0ug.m-3 - 50ug.m-3	50.01ug.m-3 - 100ug.m-3	100.01ug.m-3 - 150ug.m-3	150.01ug.m-3 - 400ug.m-3	Iznad 400.01ug.m-3

Извор: <https://balkangreenenergynews.com/rs/caqi-aqi-saqi-srbiji-treba-jasan-pristup-tumacenju-zagadenosti-vazduha/>

Табела 2: Табела коју је СЕПА објавила у извештају за 2019. Све вредности изражене су у микрограмима по метру кубном.

Particles less than 2.5 µm (PM _{2.5})	0-10	10-20	20-25	25-50	50-75	75-800
Particles less than 10 µm (PM ₁₀)	0-20	20-40	40-50	50-100	100-150	150-1200
Nitrogen dioxide (NO ₂)	0-40	40-90	90-120	120-230	230-340	340-1000
Ozone (O ₃)	0-50	50-100	100-130	130-240	240-380	380-800
Sulphur dioxide (SO ₂)	0-100	100-200	200-350	350-500	500-750	750-1250

Извор: <https://balkangreenenergynews.com/rs/caqi-aqi-saqi-srbiji-treba-jasan-pristup-tumacenju-zagadenosti-vazduha/>

Табела 3: За САQI. Грид је скала укупног индекса. Сумпор-диоксид се не мери на прометним улицама. Дати су и двадесетчетворосатни нивои за ПМ2.5 и ПМ10. (Air Quality Now)

Index Class	Grid	ROADSIDE INDEX							BACKGROUND INDEX							
		Mandatory pollutant				Auxiliary pollutant			Mandatory pollutant				Auxiliary pollutant			
		PM10				PM2.5		CO	PM10				PM2.5		CO	SO2
		NO2	1 hour	24 hours	1 hour	24 hours	NO2		1 hour	24 hours	O3	1 hour	24 hours			
Very High	>100	>400	>180	>100	>110	>60	>20000	>400	>180	>100	>240	>110	>60	>20000	>500	
High	100	400	180	100	110	60	20000	400	180	100	240	110	60	20000	500	
	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350	
Medium	75	200	90	50	55	30	10000	200	90	50	180	55	30	10000	350	
	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100	
Low	50	100	50	30	30	20	7500	100	50	30	120	30	20	7500	100	
	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50	
Very Low	25	50	25	15	15	10	5000	50	25	15	60	15	10	5000	50	
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Извор: <https://balkangreenenergynews.com/rs/caqi-aqi-saqi-srbiji-treba-jasan-pristup-tumacenju-zagadenosti-vazduha/>

Кроз све стандарде примењује се приступ да што је већи временски распон мерења загађености, то су критеријуми наизглед блажи – константна изложеност умереном аерозагађењу је штетнија од једнократних јачих скокова. Ипак, далеко од тога да су кратки периоди екстремне загађености безазлени.

СЕПА има пет категорија односно боја, а ЕЕА шест. То су добар, задовољавајући, осредњи, лош, веома лош и крајње лош квалитет ваздуха. Најгора категорија код српске агенције – јако загађен ваздух – означена је љубичастим и за честице ПМ2.5 почиње преко 110 микрометара по кубном метру, а ЕАQI показује љубичасто већ преко 75 микрометара. Притом, угљен-моноксид уопште није укључен (Todorović,2020).

4.3. Препоруке за смањење изложености

Заштита животне средине је неопходна услед све већег глобалног загађења ваздуха, воде и земљишта разним полутантима чиме се отежава нормално функционисање живота на земљи. Контрола квалитета ваздуха врши се системским мерењима имисије преко мреже метеоролошких станица, чија бројност зависи од броја становника, броја извора емисије, метеоролошких параметара.

Заштитне мере у критичним ситуацијама могу се на основу познавања метеоролошких утицаја предвидети за 24 часа унапред. Критична ситуација се односи на повишене концентрације опасних загађујућих супстанци. Ради спровођења заштитних мера потребно је развити математички модел зависности имисије од концентрација загађујућих супстанци и метеоролошких услова.

Утицај загађујућих супстанци на здравље људи могу бити акутни и хронични, те за сагледавање акутних утицаја, концентрације загађујућих супстанци морају се мерити у кратким интервалима, а за сагледавање хроничног, довољни су подаци о просечним концентрацијама као и вредности концентрација сезонских мерења.

Обзиром да основне изворе аерозагађења у Београду чине термоенергетски објекти, саобраћај и комуналне делатности, спровођење следећих мера могло би да доведе до смањења емисије основних загађујућих супстанци у ваздуху које утичу на квалитет ваздуха(Кнежевић и сар.,2015):

- неопходно је правилно планирање и зонирање насеља према рељефу и ружи ветрова (правилом локацијом индустрије, саобраћаја и стамбеног

насеља), подизање зелених заштитних зона између индустрије и насеља, зеленило у насељу и око насеља,

- гасификација индустрије и насеља је неопходна како би се смањила емисија загађујућих материја из индивидуалних ложишта, блоковских котларница, као и индустријских котларница,
- проширивање система централног загревања,
- побољшати сагоревање у ложиштима што се може постићи равномерним ложењем и реконструкцијом ложишта,
- појачана и стална контрола техничке исправности возила (као и контрола издувних гасова код техничког прегледа моторних возила), нарочито из разлога што је већина возила стара и неадекватно одржавана,
- извршити поправке улица јер то успорава саобраћај односно увећава потрошњу фосилних горива,
- вршити контролу квалитета фосилних горива,
- изабрати технолошки процес у привредним субјектима који најмање загађује околину,
- уградња уређаја за пречишћавање ваздуха за објекте и технологије које су извор загађења, као и извори непријатних мириса,
- код пројектовања и изградње стамбених објеката посебну пажњу посветити термоизолацији, мери за смањење утрошка горива,
- како би се још више смањиле вредности укупних таложних материја које потичу углавном од уличне прашине, тј. грађевинско комуналних делатности, неопходно је редовно одржавање комуналне хигијене (редовно чишћење и прање улица), забрана дивљих депонија, забрана спаљивања смећа и др.,
- израда катастра загађивача,
- стална контрола квалитета ваздуха,
- спровођење редовне контроле емисије загађивача,

- за све објекте који својим радом могу утицати на квалитет ваздуха урадити “процену утицаја објекта на животну средину,
- наставити са праћењем степена загађености ваздуха на територији града Београда,
- одређивањем већег броја параметара аерозагађења и то на већем броју мерних места.

Заштитно зеленило има такође велику улогу у заштити животне средине и побољшању квалитета ваздуха, па је добро знати да (Слика 4):

- Зелено растиње је у сваком граду не само биолошка потреба већ и ликовни и естетски елемент. У свакој урбаној средини значај зеленила је многострук.
- Зелени засади имају биолошку функцију вршења размене гасова. У вегетационом периоду 1 ха тополе апсорбује 100 кг сумпор – диоксида, ситнолисна липа сакупи у свом лишћу 50 кг сумпора. Поред тога треба знати да 1 ха шуме везује годишње 15 т угљен – диоксида и ослобађа око 1,42 т кисеоника.
- Лишће у крошњама дрвећа и другом растињу брже хлади ваздух, па он као тежи потискује онај топлији стварајући струјање ваздуха брзине чак и до 1м/с. У летњим месецима разлика у температури између оне на улици и у парку износи 2 до 6 °C.
- Зеленило и растиње својим лишћем које површински испарава утиче на повећање влажности ваздуха.
- може да повећа влажност ваздуха са 40 на 75%, говори о могућностима битног побољшања микроклиматских услова.

- Градско зеленило, нарочито дрвореди, умањује утицај буке и до 25%. При баријери од два до три реда зелених засада, дрвећа и жбуња, могуће је снижавање буке за 15 до 18 dB.
- Вегетација штити од чађи и прашине. Количина прашине у ваздуху зависи од влажности ваздуха и брзине ветра, од површине коју заузима зелено растиње и од врсте тог зеленила. Експериментално је доказано да 1 ха шуме може да филтрира из ваздуха 50 – 70 т прашине годишње.
- Вегетација позитивно делује на физиолошке функције човека. Боравак у средини богатој зеленилом делује на смањење пулса и до 4 – 8 откуцаја у мин. Такође, делује и на температуру коже, умањујући је за 1 до 1.3 °C.
- Уз помоћ вегетационог покривача могуће је исушивање подводних терена, смањење ерозивних процеса и рекултивација биодеградираних подручја.
- Естетска компонента зеленог растиња је у томе што побуђује код људи пријатан психички доживљај. Вегетација има фундаментални значај у функционисању екосистема, омогућавајући му процес метаболизма и проток енергије (Кнежевић и сар., 2015).

Слика 4. Зелене површине као мера редукције аерозагађења



4.4. Заштитна средства

Када су вредности ПМ_{2,5} на нездравом нивоу, потребно је да предузмете следеће кораке како бисте смањили изложеност и заштитили своје здравље (Слика 5):

- Останите у кући и затворите све прозоре и отворе који омогућавају загађеном ваздуху да продре, уколико је могуће.
- Укључите пречишћивач ваздуха који је опремљен ХЕПА филтером. Само ХЕПА филтер може ефикасно да уклони fine честице из ваздуха.
- Многи филтери ваздуха у клима уређајима немају ХЕПА филтере, јер би њихова присутност смањила проток ваздуха, те би мотор клима уређаја морао да ради већом снагом да би пробио ваздух кроз ХЕПА филтер. Али, клима уређај је и даље користан уколико је доток свежег ваздуха ограничен, јер помаже при циркулацији ваздуха и смањењу (или повећању) собне температуре.
- Када је затворена већина или сви прозори, немојте палити свеће, користити или палити уређаје који емитују дим или гас, како бисте спречили настајање штетних честица и гасова (као што је угљен моноксид).

- Уколико већину својег времена проводите на путевима и возите при свим могућим временским условима, потрудите се да пронађете филтер за кабину са ХЕПА филтером и активним угљем. Нормалан филтер аутомобила не може ефикасно да уклони штетне гасове које емитује саобраћај.
- Уколико је очекивано да загађење ваздуха траје неколико дана, размотрите опцију да одете негде где нема загађења ваздуха или је оно блаже.
- Повећајте отпорност организма против ПМ_{2,5} тако што ћете повећати унос ових нутријената.
- Уколико је потребно да изађете напоље, нека буде кратко, али носите заштитну маску са ознаком Н95 или више (једина маска која може да филтрира фине честице) – хируршка маска неће урадити ништа по питању филтрирања ваздуха.

Слика 5. Заштитна средства



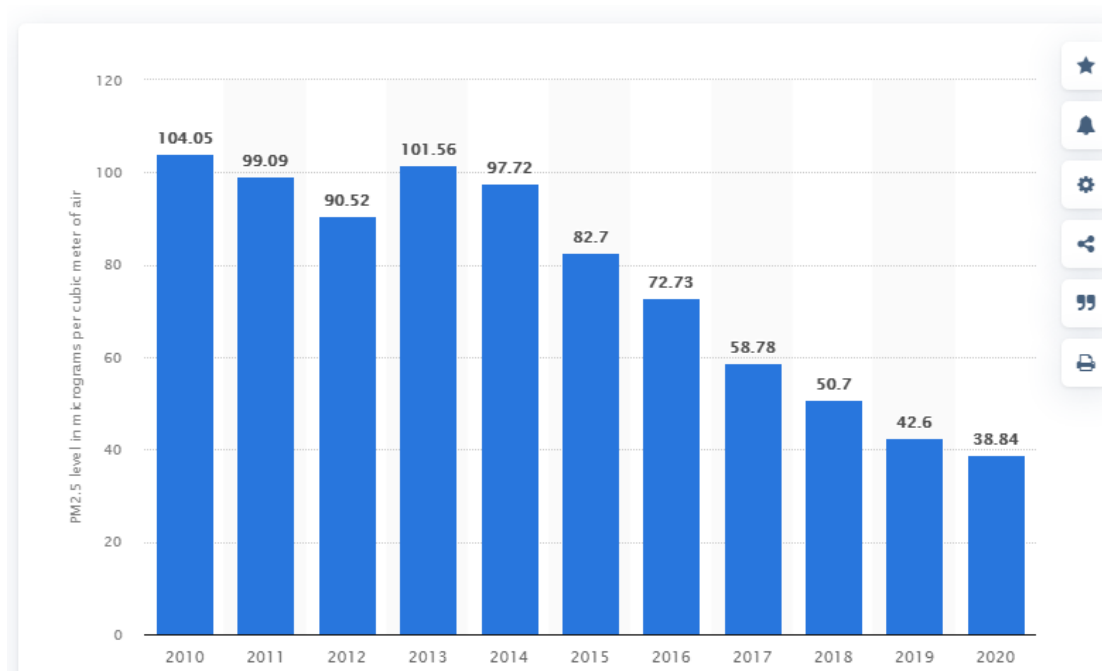
Најбољи приступ би био да пратите стриктне стандарде Светске здравствене организације. Њихово истраживање је открило да дуготрајно излагање ПМ_{2.5} честицама, чак и у ниском концентрацијама може довести до озбиљних и фаталних стања. Ово значи да је потребно носити маску пре него што AQI пређе 50 (базирано на кинеским стандардима). Нажалост, за већину кинеских градова,

ово значи да би њени становници требало да носе маске када год они изађу напоље. Док су ови стандарди превише стриктни, скала у САД је мало флексибилнија и препоручује да се маска носи када AQI пређе преко 101. Било како било, останите здрави и носите маску много пре него што се достигне AQI ниво од 200, а препорука би била да маску носите уколико AQI пређе 100, односно ПМ2.5 концентрација буде већа од 150.

5. ЗАГАЂЕНОСТ ВАЗДУХА ЧЕСТИЦАМА 2,5 ОД 2013-2020 ПЕКИНГ

Квалитет ваздуха у Кини се на месечном нивоу погоршава јер национални ниво ПМ2,5 у јануару и фебруару расте за 5,2 одсто. Према истраживању министарства животне средине, само 83 од 337 посматраних градова испуњавају националне стандарде у прва два месеца 2019. године. Просечно читавање ПМ 2,5 у 28 градова у региону за контролу загађења Пекинг-Тиањин-Хебеи је више од 10 пута веће од граничне вредности коју је прописала СЗО (Textor,2022) (Графикон 2).

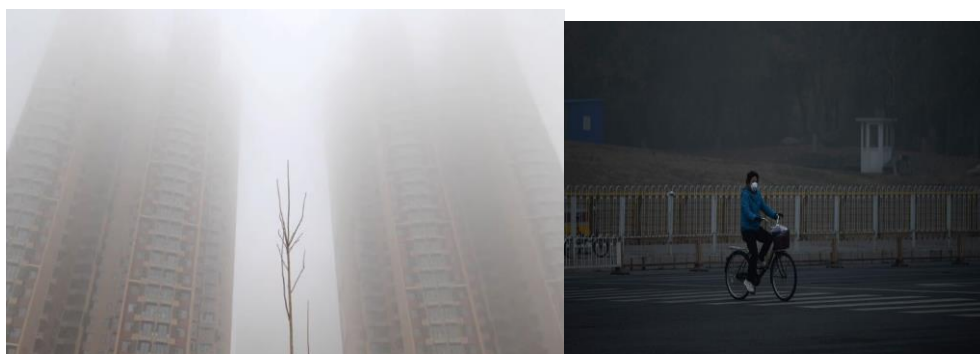
Графикон 2. Просечни годишњи ниво загађења ваздуха ПМ2,5 у Пекингу, Кина, између 2010. и 2020. (у микрограмима по кубном метру ваздуха)



Извор: <https://www.statista.com/statistics/690823/china-annual-pm25-particle-levels-beijing/>

Према подацима мониторинга из амбасаде Сједињених Држава, у Пекингу се током 2020. године у просеку нашло 38,3 микрограма ПМ_{2,5} честица по кубном метру. На сликама 6 и 7 видимо како изгледа ваздух у Кини на дневном нивоу.

Слике 6 и 7. Загађеност ваздуха у Кини



Извор: <https://www.hongkongcan.org/hk/article/annualreview-airquality-2020>

Просечна концентрација честица које оштећују плућа, познате као ПМ_{2,5}, порасла је за 5,2 одсто у прва два месеца 2020. године, саопштило је министарство животне средине, што доводи у сумњу способност земље да испуни зимске циљеве. Просечно читавање ПМ_{2,5} у земљи износило је 61 микрограм по кубном метру за јануар и фебруар, према истраживању Министарства екологије и животне средине у 337 градова, а само 83 достижу национални стандард од 35 микрограма.

Ниво ПМ_{2,5} у 28 градова у кључном региону за контролу загађења Пекинг-Тианџин-Хебеи порастао је за 24 процента у периоду од два месеца у односу на исто време пре годину дана, на просечно 108мцг, скоро 11 пута од 10мцг препоручених као сигурна од Светске здравствене организације. У међувремену,

ниво ПМ_{2,5} у 11 градова равнице Фенвеи, друге велике зоне контроле смога, повећао се у том периоду за 26,6 %, достигавши у просеку 119mcg.

Табела 4. Годишње просечне концентрације главних загађивача ваздуха су се смањиле NO₂ поред пута је и даље премашио смернице СЗО и ХКАКО за 175%

Image 1 : Annual average concentrations of major air pollutants in Hong Kong (microgram per cubic metre)

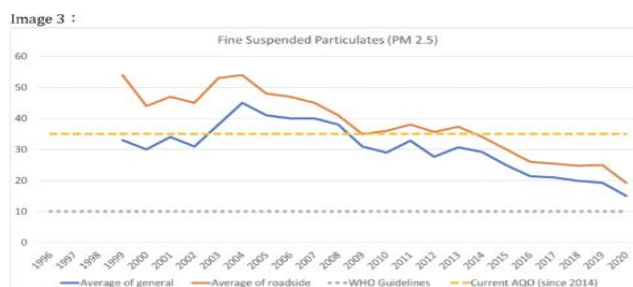
		2016	2017	2018	2019	2020	Compare to 2019
PM2.5	General	22	22	20	19	15	-21%
	Roadside	26	26	25	25	19	-24%
PM10	General	34	35	33	32	27	-16%
	Roadside	38	39	39	38	32	-16%
NO2	General	47	40	39	38	33	-13%
	Roadside	82	86	82	80	70	-13%
O3	General	39	51	52	60	52	-13%
	Roadside	19	23	24	32	32	0%

Извор: <https://www.statista.com/statistics/690823/china-annual-pm25-particle-levels-beijing/>

Годишње просечне концентрације главних загађивача ваздуха, укључујући суспендоване честице које се могу удисати (ПМ₁₀), фине суспендоване честице (ПМ_{2,5}) и азот диоксид (NO₂) у 2020. смањене су у односу на 2019. годину, за најнижих 13% до највећих 24% . Иако је годишња просечна концентрација NO₂ поред пута опала за 13% у односу на 2019., она је и даље била на високом нивоу, који је износио 70 µg/m³, што је премашило смернице Светске здравствене организације (СЗО) и границу циљева квалитета ваздуха у Хонг Конгу (АКО) (40 µg/m³) за 75% (Clean Air Network., 2021) (Табела 4).

Табела 5, Графикон 3: Поређење годишњих просечних концентрација загађујућих материја у 2020., смерница СЗО и ХК АКО (µг/м³)

Annual Average (µg/m³)	General Stations	Roadside Stations	WHO Guidelines	HK AQO
PM2.5	15	19	10	35
PM10	27	32	20	50
NO2	33	70	40	40



Извор: <https://www.hongkongcan.org/hk/article/annualreview-airquality-2020>

Годишње концентрације NO₂ у свим станицама поред пута премашиле су границе WHO и АКО. Станица поред пута Монг Кок забележила је највиши ниво (74 µг/м³), премашивши границу за 85%. Џаусеваи Баи анд Централ забележио је 68 µг/м³, што је прекорачило границу за 70%. Просечне годишње концентрације NO₂ на општим станицама задовољавале су стандарде СЗО и АКО. Међутим, годишње концентрације на станицама Квун Тонг, Схам Схуи По и Кваи Цхунг су прешле границе, које су биле 43 µг/м³, 45 µг/м³ и 48 µг/м³. Овим областима треба посветити додатну пажњу. За ПМ_{2,5} и ПМ₁₀, иако су њихове годишње просечне концентрације у 2020. достигле границу АКО, још увек нису могле да испуне смернице СЗО (10 µг/м³ и 20 µг/м³). Влада ХКСАР -а би требала појачати мере за решавање загађења ваздуха и побољшати квалитет ваздуха (Clean Air Network., 2021) (Табела 5 и Графикон 3).

6. ЗАГАЂЕНОСТ ВАЗДУХА ЧЕСТИЦАМА 2,5 БЕОГРАД

Обавезе Агенције за заштиту животне средине, као дела Министарства заштите животне средине, у управљању квалитетом ваздуха дефинисане су Законом о заштити ваздуха („Службени гласник РС”, бр. 36/09 и 10/13) и Законом о министарствима („Службени гласник РС”, број 44/14, 14/15, 54/15, 96/15, 62/17).

У 2018. години прекорачење годишње граничне вредности ($40\mu\text{g}/\text{m}^3$) забележено је на свим станицама. Највеће средње годишње вредности биле су на станицама: Ваљево ($71\mu\text{g}/\text{m}^3$), Ужице ($62\mu\text{g}/\text{m}^3$), Смедерево_Центар ($53\mu\text{g}/\text{m}^3$), Београд_Нови Београд ГЗЗЈЗ ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$), Краљево_Полицијска управа (Л) ($50\mu\text{g}/\text{m}^3$), Сремска Митровица (Л) ($49\mu\text{g}/\text{m}^3$), Суботица (Л) ($46\mu\text{g}/\text{m}^3$), Косјерић ($44\mu\text{g}/\text{m}^3$), Крагујевац ($43\mu\text{g}/\text{m}^3$), Београд_Обреновац ГЗЗЈЗ ($42\mu\text{g}/\text{m}^3$) и Панчево_Старчево (Л) ($41\mu\text{g}/\text{m}^3$)

У агломерацији Београд током 2018. ваздух је био III категорије, прекомерно загађен ваздух, услед прекорачења граничне вредности суспендованих честица ПМ10 и ПМ2,5 (Агенција за заштиту животне средине, 2021) (Графикон 4).

Графикон 4. Стање ваздуха у Београду 2018.године



Извор: https://www.sepa.gov.rs/download/izv/Vazduh2018_final.pdf

У извештају о квалитету ваздуха у Србији за 2018. годину врло стидљиво је приказана анализа јонских врста ПМ 2.5 честица, за само једну станицу, Београд-Стари Град, која јасно указује да су у највећем проценту пронађени јони сулфата, и то у вредности од 34% и јони нитрата у вредности од 26%. Разлог за израду анализа јонских врста, управо је могућност делимичне детекције порекла ПМ честице, и на тај начин њихове сепарације на примере и секундарне, с обзиром да честице богате сулфатима и нитратима у највећем броју потичу од гасова оксида сумпора и азотних оксида, односно највећи број њих је вероватно настао у процесу партикулације ових гасова. Слични резултати су добијени и независним мерењима и анализама истраживачких група које су се бавили овим проблемом у Србији. У извештају за 2019. годину ова врста анализе је нажалост изостала. (Табела 6 и Графикон 5).

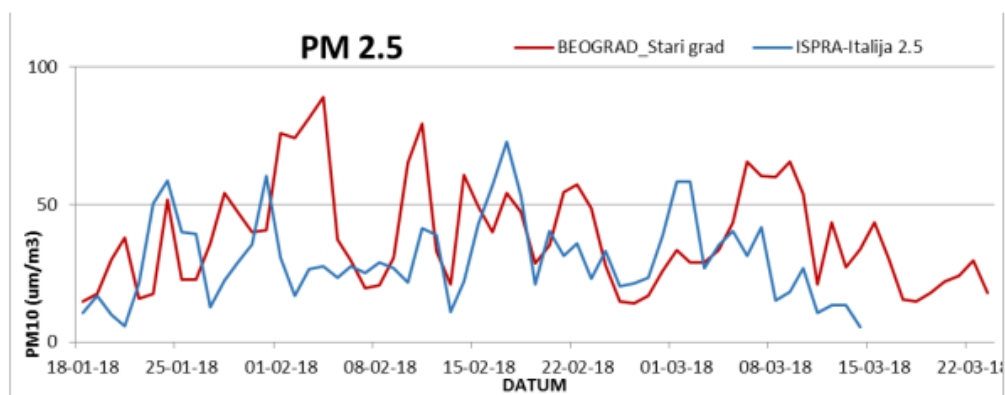
Табела 6. Граничне вредности параметара за заштиту здравља људи, по Уредби о условима за мониторинг и захтевима квалитета ваздуха за период 2012-2018.

година

Загађујућа материја, $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Период усредњавања	ГВ (гранична вредност)	Не сме да буде прекорачена више од X пута у календарској години	ТВ, Тolerантна вредност (ГВ + гранична толеранције)	2012.	2013.	2014.	2015.	2016.	2017.	2018.	Доња граница оцењивања	Горња граница оцењивања
Сумпор-диоксид (SO_2)	1 h	350	24 x	500	470	440	410	380	350	350	350	-	-
	24 h	125	3 x	125								50	75
	календарска година	50	-	50								-	-
Азот-диоксид (NO_2)	1 h	150	18 x	225	217.5	210	202.5	195	187.5	180	172.5	75	105
	24 h	85	-	125	121	117	113	109	105	101	97	-	-
	календарска година	40	-	60	58	56	54	52	50	48	46	26	32
Суспендоване честице PM_{10}	24 h	50	35 x	75	70	65	60	55	50	50	50	25	35
	календарска година	40	-	48	46.4	44.8	43.2	41.6	40	40	40	20	28
Суспендоване честице $\text{PM}_{2.5}$	календарска година	25	-	30	30	29.3	28.5	27.8	27.1	26.4	25.7	12.5	17.5
Озон (O_3)	8 h max	120	25 x у години у току 3 године										

Извор: https://www.sepa.gov.rs/download/izv/Vazduh2018_final.pdf

Графикон 5: Приказ концентрације суспендованих честица ПМ 2,5 у Београду (Србија)



Извор: https://www.sepa.gov.rs/download/izv/Vazduh2018_final.pdf

Аутоматски мониторинг ПМ_{2,5} вршио се на станицама у Суботици, Косјерићу и у Смедереву (Смедерево-Центар), а у Краљеву и на станици Стари град ова загађујућа материја одређивана је у дневним узорцима, референтном методом (Табела 7).

Табела 7. Статистички приказ суспендованих честица ПМ_{2,5} у 2018. години

PM _{2,5}	средња год. вредност	макс. сатне вредност	распоживост података
	µg/m ³	µg/m ³	%
Смедерево-Центар	36.6	399.0	92
Краљево (Ј)	36.0	294.4*	99
Београд-Стари град	33.0	192.12*	100
Косјерић	31.5	362.0	90
Суботица (Ј)	31.2	398.0	84

Извор: https://www.sepa.gov.rs/download/izv/Vazduh2018_final.pdf

Толерантна гранична вредност за суспендоване честице ПМ_{2,5} у 2018. години износила је 25,7µg/m³ и она је прекорачена на свим станицама. Највеће годишње концентрације забележене су у Смедереву, 36,6µg/m³ и Краљеву, 36,0µg/m³, а затим у Београду 33,0µg/m³ и нешто мање у Косјерићу и Суботици 31,5µg/m³ и 31,2µg/m³ респективно. Максималне сатне вредности забележене су на станицама Смедерево-Центар, 399µg/m³ и у Суботици 398µg/m³ док је максимална дневна вредност у Краљеву измерена 294,4µg/m³, а у Београду 192,12 µg/m³ (Агенција за заштиту животне средине, 2021).

Од октобра 2018. године Агенција је започела фиксна мерења суспендованих честица ПМ_{2.5} на станици Београд_Стари град референтном, гравиметријском методом. Извршено је 68 мерења, што је више него што захтевају индикативна мерења али нису равномерно распоређена током године па самим тим рефлектују стање искључиво у хладној (зимској) сезони.

Повећани степен загађења ваздуха у Београду у од 14.02.2020. године, региструју мерне станице за праћење квалитета ваздуха у надлежности Агенције за заштиту животне средине. На станицама Нови Београд, Мостар, Стари Град и Врачар, забележено је 3 до 4 прекорачења дневних граничних вредности ПМ₁₀ честица, док се концентрација ПМ_{2.5} честица кретала изнад годишње граничне вредности (Агенција за заштиту животне средине, 2022).

У општини Гроцка, у којој се депонија Винча налази, нема ни државних ни локалних станица за мерење квалитета ваздуха, те самим тим ни званичних података о квалитету ваздуха на том локалитету. Територијално најближа станица из државне мреже, Зелено брдо, не бележи прекомерно загађење, али је реч о станици која не мери концентрације ПМ₁₀ честица (прате се концентрације сумпор-диоксида, азот-диоксида, приземног озона и угљен-моноксида).

Пожари на депонији у Винчи у последних година нису реткост, па је тако природно да се питамо какав ваздух београђани након таквог акцидента удишу. Подсећамо и на наводе из Секретаријата за послове одбране, ванредних ситуација, комуникације и координацију односа са грађанима да су стручне екипе ЈКП „Градска чистоћа“, Секретаријата за инспекцијске послове, као и Сектора за ванредне ситуације на терену утврдиле да нема пожара, као и да су Завод за јавно здравље Београд и Секретаријат за заштиту животне средине извршили додатна мерења квалитета ваздуха са циљем праћења ситуације око депоније (Politika, 2019).

Објављивање података о квалитету ваздуха у околини депоније је посебно важно јер се при сагоревању отпада ослобађају и гасови које станице за мониторинг квалитета ваздуха не прате, тако да би подаци до којих су дошле стручне екипе на терену били незамењиви у циљу информисања јавности о тренутном стању квалитета ваздуха.

Загађење ваздуха у Београду је наставак забрињавајућег вишегодишњег тренда. Лош квалитет ваздуха у Београду бележи се од 2010. године, те се ваздух у престоници редовно сврстава у 3. категорију, која значи прекомерно загађен ваздух и прекорачене граничне вредности за једну или више загађујућих материја.

Правовремено информисање јавности у вези са квалитетом ваздуха и ситуација попут пожара на депонији у Винчи је законска обавеза надлежних органа. Подсећамо да су, према Закону о заштити животне средине и Закону о заштити ваздуха, „државни органи, органи аутономне покрајине, органи јединице локалне самоуправе и овлашћене и друге организације дужни да редовно, благовремено, потпуно и објективно, обавештавају јавност о стању животне средине, односно о појавама које се прате у оквиру мониторинга нивоа загађујуће материје и

емисије“. Право здраву животну средину и благовремено информисање о њеном стању је и Уставом гарантовано право грађана Србије. Право на информисаност гарантовано је и Конвенцијом о доступности информација, учешћу јавности у доношењу одлука и праву на правну заштиту у питањима која се тичу животне средине, коју је Република Србија ратификовала и пренела у домаће законодавство (Агенција за заштиту животне средине, 2022).

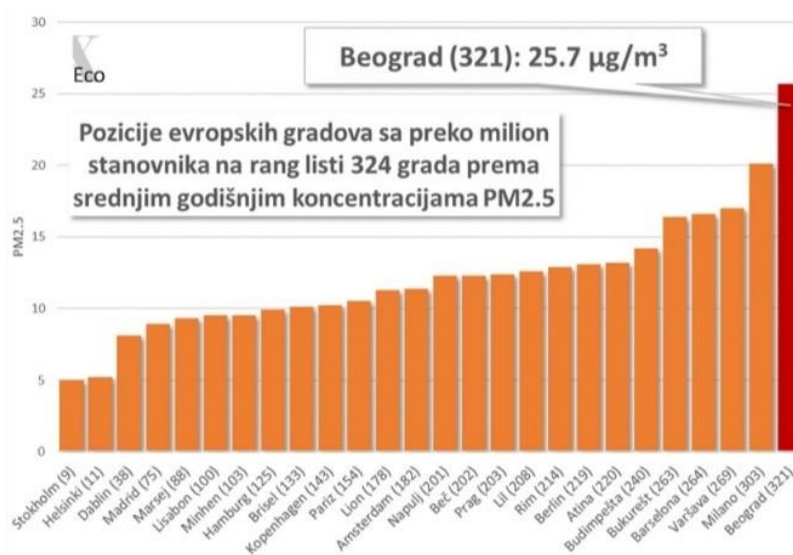
Агенција за заштиту животне средине је 13. септембра 2021. године објавила Годишњи Извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији у 2020. години који садржи приказ резултата мониторинга квалитета ваздуха на националном и локалном нивоу. Саставни део овог извештаја је и оцена квалитета ваздуха по зонама и агломерацијама, према којој је у свим агломерацијама у Републици Србији (Београд, Ниш, Бор, Ужице, Косјерић, Смедерево и Панчево) током 2020. године забележено прекомерно загађење ваздуха, осим у Новом Саду где је квалитет ваздуха оцењен као незнатно загађен.

У свим од наведених агломерација ваздух је, као и претходне године, био прекомерно загађен услед високе концентрације ПМ₁₀ и(или) ПМ_{2.5} честица, са изузетком Бора, који је сврстан у градове у највишој категорији загађења услед прекомерне концентрације сумпор-диоксида (SO₂) (Ђорђевић, 2020).

Још једно истраживање са поражавајућим резултатима када је у питању наша земља долази нам из Националне еколошке асоцијације (NEA). Како наводе резултати овог истраживања да је Србија земља чланица ЕУ била би међу 3 најзагађенија града од 323 града у којима је спровођен мониторинг ПМ_{2.5}, испред себе остављајући само Нови Сац у Пољској и Кремону у Италији. Битно је навести да је NEA ово истраживање спровела на основу званичних података ЕЕА_ (European Environmental Agency) и SEPA (Serbian Environmental Protection Agency) из 2019. и 2020. године .

Ову статистику прати једна са још горим резултатима, у којој је наведено да је Београд најзагађенији град честицама ПМ_{2,5} са преко милион становника (Графикон 6).

Графикон 6: Рангирање најзагађенијих градова честицама ПМ_{2,5} са више од МИЛИОН СТАНОВНИКА



Извор: <https://balkangreenenergynews.com/belgrade-most-polluted-european-city-with-over-1-million-people/>

Међутим иако је Београд најзагађенији град са преко милион становника у нашој земљи, то је искључиво услед чињеници да је и једини. Градови који су загађенији више чак и од наше престонице су: Ваљево, Нови Пазар Ниш, Косјерић, Ужице, Смедерево и Суботица (Balkan green energy news, 2021) (Табела 8).

Табела 8: прекорачена гранична средња годишња вредност-најзагађенији градови у Републици Србији

	PM10	SO ₂	NO ₂	PM2.5	
Prekoračena granična srednja godišnja vrednost od 25µg/m ³ .					
#	Stanica	Srednja vrednos			
1.	Valjevo	44.1	GV	SZO	
2.	Novi Pazar	41.1	GV	SZO	
3.	Niš IZJZ Niš	40.2	GV	SZO	
4.	Beograd Oml. brigada	39.7	GV	SZO	
5.	Kosjerić	36.7	GV	SZO	
6.	Užice	34.8	GV	SZO	
7.	Beograd Ovča	32.5	GV	SZO	
8.	Smederevo Centar	31.2	GV	SZO	
9.	Niš O.š. Sv. Sava	30.3	GV	SZO	
10.	Beograd Dr. Mišović	28.5	GV	SZO	
11.	Subotica	26.9	GV	SZO	
12.	Beograd Desp. Stefana	26.2	GV	SZO	
13.	Beograd N. Beograd	25.4	GV	SZO	

Извор: <https://balkangreenenergynews.com/belgrade-most-polluted-european-city-with-over-1-million-people/>

7.ЗАКЉУЧАК

ПМ честице – суспендоване честице –, познате као невидљиве убице из ваздуха престављају прашину мању од 10 микрона, мешавину чврстих честица дима, чађи, прашине и киселине, уз тешке метале попут олова, кадмијума, никла и арсена, а настају као последица комбинованог утицаја грејања, саобраћаја и индустрије. У приорди су присутне и мање од 4, 2.5 па и 1 микрон (Кристофоровић-Илић, 2002). Ове честице делимо на три категорије ПМ_{2,5-10}, грубе честице тј. инхалабилне, ПМ_{2,0-0,1}, фине честице, ПМ_{0,1}, ултрафине честице. Оне које изазивају најтеже последице и о којима смо примарно говорили у овом раду су суспендоване честице 2,5. Ове честице иако за све врло опасне највећи утицај имају на осетљиве категорије становништва и то су по правилу: деца, старије становништво (старији од 65 година), труднице и особе са постојећим оштећењима плућа или другим обољењима респираторног система. Иако су истраживања о корелацији између COVID-19 и већој изложености ПМ_{2,5} тек у зачетку, научници већ уочавају повезаност између већих последица, па чак и више смртних случајева и изложености штетним концентрацијама ових честица. Међународна агенција за истраживање канцера (IARC) у октобру 2013. класификовала је суспендоване честице из спољних извора као један од канцерогена који доводе до развијања рака плућа код људи. Канцер плућа је један од најсмртоноснијих облика ове болести, што доказују подаци који кажу да је од рака плућа само 2012. године оболело око 1 825 000 људи глобално. Да би оваквих поражавајућих статистика било што мање развијене су методе и технике мониторинга које се морају примењивати константно ради добијања најпрецизнијих података о реалном стању загађености ваздуха, али пуко

прављење статистика нема никакву корист уколико они задужени за контролу квалитета ваздуха не направе план за решење проблема загађења на дуже стазе. Са друге стране и сами можемо учинити низ ствари којима ћемо се заштити попут коришћења ХЕПА филтера, пречишћивача ваздуха, проветравања просторија и сл, али и трудом и залагањем да колико год је у нашој моћи пазимо да не загађујемо више него што је ради нормалног функционисања потребно.

Кина као земља са највећом стопом раста индустријске моћи бележи и изузетно високе концентрације ПМ 2,5 у ваздуху. Према истраживању њиховог министарства животне средине, само 83 од 337 посматраних градова испуњавају националне стандарде у прва два месеца 2019. године. Просечно читавање ПМ 2,5 у 28 градова у региону за контролу загађења Пекинг-Тиањин-Хебеи више од 10 пута је више од сигурног нивоа који је прописала СЗО. Сличне податке добијамо и из истраживања о квалитету ваздуха у нашој земљи. У агломерацији Београд током 2018. ваздух је био III категорије, прекомерно загађен ваздух, услед прекорачења граничне вредности суспендованих честица ПМ10и ПМ2,5. Аутоматски мониторинг ПМ2,5 вршио се на станицама у Суботици, Косјерићу и у Смедереву (Смедерево-Центар), а у Краљеву и на станици Стари град ова загађујућа материја одређивана је у дневним узорцима, референтном методом. Толерантна гранична вредност за суспендоване честице ПМ2,5 у 2018. години износила је $25,7\mu\text{g}/\text{m}^3$ и она је прекорачена на свим станицама. Још једно истраживање са поражавајућим резултатима када је у питању наша земља долази нам из Националне еколошке асоцијације (NEA) према резултатима овог Београд носи неславну титулу најзагађенијег града честицама ПМ 2,5 са преко милион становника. Проблему загађења ваздуха који достиже алармантно високе вредности у свету потребно је приступити локално, едукацијом и ширењем свести грађана, да бисмо дошли до олакшања на глобалном нивоу.

ЛИТЕРАТУРА

- Агенција за заштиту животне средине. (2019). *Годишњи извештај о стању квалитета ваздуха у Републици Србији 2018. године*. Доступно на:
<http://www.sepa.gov.rs/download/Izvestaj2018.pdf> (преузето 25.01.2022.).
- Агенција за заштиту животне средине. *Objedinjeni prikaz automatskog monitoringa kvaliteta vazduha u Republici Srbiji*. Доступно на:
<http://www.amskv.sepa.gov.rs/pregledpodatakazbirni.php> (преузето 27.01.2022.).
- Агенција за заштиту животне средине. (2021). *Проширење мониторинга суспендованих честица у Београду*. Доступно на:
<http://www.sepa.gov.rs/index.php?menu=2020&id=203&akcija>ShowXlinked>
(преузето 21.01.2022.).
- Balkan green energy news.(2021). *Belgrade most polluted European city with over 1 milion people*.
Доступно на: <https://balkangreenenergynews.com/belgrade-most-polluted-european-city-with-over-1-million-people/> (преузето 04.02.2022.).
- Basu, P. (2018). *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction, Third Edition*. Доступно на:
<https://doi.org/10.1016/C2016-0-04056-1> (преузето 16.02.2022.).
- Politika. (2019) *.Na deponiji Vinča nema otvorenog požara, ni opasnosti* Доступно на:
<https://www.politika.rs/sr/clanak/440622/Na-deponiji-Vinca-nema-otvorenog-pozara-ni-opasnosti> (преузето 25.01.2022.).
- Breeze technologies. (2021), *Everything to know about Particulate Matter (PM)*. Доступно на:
<https://www.breeze-technologies.de/blog/everything-to-know-about-particulate-matter/>
<https://www.breeze-technologies.de/blog/everything-to-know-about-particulate-matter/> (преузето 14.02.2022.).
- Clean Air Network. (2021). *Clean Air Network 2020 Annual Air Quality Review*. Доступно на:
<https://www.hongkongcan.org/hk/article/annualreview-airquality->

[2020https://www.hongkongcan.org/hk/article/annualreview-airquality-2020](https://www.hongkongcan.org/hk/article/annualreview-airquality-2020)

(преузето 04.02.2022.).

Dorđević, D. (2020). Kvalitet vazduha u 2019: *Bolje merenje veće zagađenje, Bor opasan po život.*

Centar za istraživačko novinarstvo Srbije. Доступно на: <https://www.cins.rs/kvalitet-vazduha-u-2019-bolje-merenje-vece-zagadjenje-bor-opasan-po-zivot/> (преузето 16.01.2022.).

Dorđević V. (2021). *Zagađenje vazduha i sekundarne čestice.* Reri blog. Доступно на:

<https://www.reri.org.rs/zagadjenje-vazduha-i-sekundarne-cestice> (преузето 27.01.2022.).

European Environment Agency (2021). *New European city air quality viewer allows you to check long term air pollution levels where you live.* Доступно на:

<https://www.eea.europa.eu/highlights/new-european-city-air-quality> (преузето 17.01.2022.).

Huang, F., Pan, B., Wu, J., Chen, E., & Chen, L. (2017). Relationship between exposure to PM2.5 and lung cancer incidence and mortality: A meta-analysis. *Oncotarget*, 8(26), 43322–43331. Доступно на: <https://doi.org/10.18632/oncotarget.17313> (преузето 09.01.2022.).

Johnson, N.M., Hoffmann, A.R., Behlen, J.C. *et al.* (2021). Air pollution and children's health – a review of adverse effects associated with prenatal exposure from fine to ultrafine particulate matter. *Environ Health Prev Med* 26, 72. Доступно на: <https://doi.org/10.1186/s12199-021-00995-5> (преузето 27.02.2022.).

Karagulian, F., Belis, C. A., Dora, C. F. C., Prüss-Ustün, A. M., Bonjour, S., Adair-Rohani, H., & Amann, M. (2015). Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmospheric environment*, 120, 475–483. Доступно на:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231015303320> (преузето 26.12.2021.).

- Кнежевић Ј., Поповић Т., Црнковић Н., Јовић Б., Марић Л. (2015). Индикативна и континуална мерења ПМ10-колико се разликују, Саветовање “ Заштита ваздуха “, Зборник радова, Зрењанин.
- Кристофоровић-Илић, М., Радовановић М., Вајагић Л., Јевтић З., Фолић Р., Крњетин С., Обркнежев Р. (2002). Комунална хигијена, Прометеј, Нови Сад.
- Li S, Cao S, Duan X, Zhang Y, Gong J, Xu X, Guo Q, Meng X, Bertrand M, Zhang JJ. (2020). Long-term exposure to PM_{2.5} and Children’s lung function: a dose-based association analysis. *J Thorac Dis* 2020;12(10):6379-6395. Доступно на: doi:10.21037/jtd-19-crhaq-007 (преузето 21.01.2022.).
- O’Neill, M. S., Veves, A., Zanobetti, A., Sarnat, J. A., Gold, D. R., Economides, P. A. & Schwartz, J. (2005). *Diabetes enhances vulnerability to particulate air pollution-associated impairment in vascular reactivity and endothelial function. Circulation*, 111(22), 2913-2920. Доступно на: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15927967/> (преузето 17.01.2022.).
- Ramírez, O., Sánchez de la Campa, A. M., Amato, F., Catacolí, R. A., Rojas, N. Y., & de la Rosa, J. (2018). Chemical composition and source apportionment of PM 10 at an urban background site in a high-altitude Latin American megacity (Bogota, Colombia). *Environmental Pollution*, 233, 142-155. Доступно на: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29059629/> (преузето 10.01.2022.).
- Rose R. D. (1972). *Air Pollution and Industry*. New York: Van Nosstrand Reinhold Comp.
- („Службени гласник РС“, број 135/2004).
- Stern C. (1977). *Air Pollution*. New York: Academic Press Tchobanoglous.
- Textor, C. (25. 01.2022). *Annual PM_{2.5} air pollution levels in Beijing, China 2011-2021*. Statista. Доступно на: <https://www.statista.com/statistics/690823/china-annual-pm25-particle-levels-beijing/> <https://www.statista.com/statistics/690823/china-annual-pm25-particle-levels-beijing/> (преузето 16.01.2022.).
- Todorović, I. (2020) *CAQI, AQI, SAQI. Srbiji treba jasan pristup tumačenju zagađenosti vazduha*. Balkan green energy news. Доступно на:

<https://balkangreenenergynews.com/rs/caqi-aqi-saqi-srbiji-treba-jasan-pristup-tumacenju-zagadenosti-vazduha/> (преузето 15.01.2022.).

Tomczak, A., Miller, A. B., Weichenthal, S. A., To, T., Wall, C., van Donkelaar, A., ... & Villeneuve, P. J. (2016). Long-term exposure to fine particulate matter air pollution and the risk of lung cancer among participants of the Canadian National Breast Screening Study. *International journal of cancer*, 139(9), 1958-1966. Доступно на: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27380650/> (преузето 03.02.2022.).

Wang, Y., Shi, L., Lee, M., Liu, P., Di, Q., Zanobetti, A., & Schwartz, J. D. (2017). Long-term Exposure to PM2.5 and Mortality Among Older Adults in the Southeastern US. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 28(2), 207-214. Доступно на: <https://doi.org/10.1097/EDE.0000000000000614> (преузето 13.02.2022.).

World Health Organization (2021). *WHO global air quality guidelines. Particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Executive summary*. Geneva: World Health Organization; 2021. Доступно на: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345334/9789240034433-eng.pdf> (преузето 22.02.2022.).

Wu, X., Nethery, R. C., Sabath, M. B., Braun, D. and Dominici, F. (2020) *Air pollution and COVID-19 mortality in the United States: Strengths and limitations of an ecological regression analysis*. *Science advances*, 6(45), 4049. Доступно на: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abd4049> (преузето 25.01.2022.).

ИЗЈАВА О АКАДЕМСКОЈ ЧЕСТИТОСТИ

Изјављујем да сам у приложеном раду поштовао/ла сва правила о академској честитости.

Овај писани рад резултат је искључиво мог личног рада, темељи се на мојим истражиањима и ослања се на наведену литературу.

У Београду, дана ____02.03.2022.____ године.

Потпис студента:
