

Вредновање квалитета амбијенталног ваздуха, као компоненте животне средине

Предраг Илић, Зоран П. Поповић, Љиљана Стојановић Бјелић,
Драгана Нешковић Маркић, Зија Ур Рахман Фаруки

Сажетак: *Проблем загађења ваздуха изазов је савременог човјечанства у посљедње вријеме. Животна средина, уједно и ваздух, оптерећена је великом количином загађујућих материја које се испуштају у човјекову околину. У атмосфери се налазе примарне и секундарне загађујуће материје, које се емитују као основни или специфични загађивачи.*

Загађење ваздуха присутно је у индустријским насељима и већим градовима, с тим да не постоје подручја без било каквог утицаја загађења ваздуха. Ваздух је загађен и у Републици Српској, која није изузетак кад је ријеч о овој врсти загађене животне средине.

Високе концентрације загађења ваздуха на подручјима у Републици Српској могу утицати на погоршање здравственог стања становништва и довести до нежељених ефеката на здравље појединих становника.

Кључне ријечи: *Квалитет ваздуха, аерозагађење, Република Српска, животна средина*

Цитирање: Илић П, Поповић З, Нешковић Маркић Д, Стојановић Бјелић Љ, Фаруки ЗУР (2023) Вредновање квалитета амбијенталног ваздуха, као компоненте животне средине. У: Илић П, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) Животна средина. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LV:133–167

Cite as: Ilić P, Popović Z, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić L, Farooqi ZUR (2023) Evaluation of ambient air quality as a component of the environment. In: Ilić P, Govedar Z, Pržulj N (eds) Environment. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LV:133–167

5.1. Увод

Атмосфера као једна земаљска сфера представља основу живота на Земљи. Снабдијева живи свијет кисеоником и угљен-диоксидом, штити од негативног ултраљубичастог и космичког зрачења, утиче на ток биогеохемијског циклуса и смањује температурне екстреме (Илић и Максимовић 2021). Земљина атмосфера је дебљине око 160 km, па се понекад сугерише да су та дебљина и запремина довољни да разблаже све загађујуће материје испуштене у атмосферу. Међутим, 95% ове ваздушне масе налази се до висине од 20 km од земљине површине и тај дио атмосфере садржи ваздух који удишемо, али и загађујуће материје које емитујемо. Овај слој се назива тропосфера и кључан је за опстанак живог свијета на Земљи, али је и мјесто гдје се испуштају загађујуће материје, које имају велики утицај на здравље људи (Weiner and Matthews 2003). Састав ваздуха је углавном непромијењен, осим у случају загађења ваздуха. Аерозагађење или загађење ваздуха подразумијева присуство гасова и других садржаја у ваздуху који му нису својствени по природном саставу (Кристофоровић-Илић и сар. 2002), те представља директно или индиректно уношење загађујућих материја у ваздух од стране човјека и може, али не мора да се осјети чулом вида и мириса (Илић и Максимовић 2021).

Загађење ваздуха је један од значајних еколошких проблема савременог доба. У животну средину се, усљед великог утицаја индустрије, саобраћаја и других дјелатности, испуштају велике количине загађујућих материја, деградирајући је (Ђуковић и Бојанић 2000). Загађење ваздуха потиче од бројних извора, природних и антропогених, при чему су антропогени извори емисије постали глобално доминантни од почетка индустријализације. Ваздух се највише загађује од сагоријевања, посебно сагоријевања фосилних горива и биомасе за производњу енергије (WHO 2021). Некада је загађење било узроковано природним изворима загађења, док се данас углавном сматра да је извор загађења антропогеног карактера. Посебно је посљедњих деценија изражен висок степен аерозагађења, и на глобалном нивоу и у Републици Српској (Илић 2015; Илић и Максимовић 2021). Извори сагоријевања су: копнени, ваздушни и водени транспорт; индустрија и производња електричне енергије; сагоријевање биомасе (контролисани и неконтролисани шумски пожари); сагоријевање пољопривредног отпада и сагоријевање отпада у урбаним срединама, депонијама и сл. (Ilić i sar. 2007; WHO 2021). Загађење ваздуха захтијева укључивање друштва у цјелини у рјешавање овог проблема. Све је мање неизмијењене природе, а зоне човјекове активности више се шире и у њима услови живота и рада не задовољавају увијек најосновније захтјеве уобичајеног живљења (Илић и

Максимовић 2021). Значајан унос загађујућих материја у животну средину доводи до загађења ваздуха, које постаје глобални проблем. Загађујуће материје у ваздуху које потичу из антропогених извора и процеса укључују честице (*particulate matter*, PM; мјерено као PM_{2,5}, PM₁₀ и ултрафине честице, гасовите загађујуће материје, укључујући амонијак - NH₃, угљен-моноксид, азот-диоксид, сумпор-диоксид и озон) и органске загађујуће материје у ваздуху (WHO 2021). Најчешће загађујуће материје у ваздуху су сумпор-диоксид, азотни оксиди, угљен-моноксид, угљоводоници, чађ и честице које имају значајну улогу у погледу утицаја на здравље човјека и цијелокупан живи свијет. Атмосферски транспорт загађујућих материја из удаљених извора доприноси локалном загађењу, посебно загађењу ваздуха у градовима. Неке од загађујућих материја директно се емитују из извора сагоријевања као примарне загађујуће материје (са елементарним угљеником као главним састојком честица), а неке се формирају у ваздуху као секундарне загађујуће материје (нитрати, сулфати и органски угљеник) кроз сложене физичко-хемијске процесе који укључују гасовите прекурсоре поријеклом из извора сагоријевања, пољопривреде (амонијак), других антропогених процеса и природних процеса као што су биогене емисије (WHO 2021). Атмосфера може да садржи и специфичне загађујуће материје које емитује индустрија, нпр. олово, сумпор-водоник, хлор, флуориди, азбест, полихлоровани бифенили, диоксини, фурани, органохлорни пестициди и сл. (Секулић и сар. 2003; Gašić et al. 2010; Lammel et al. 2010, 2010, 2011). Као нове форме аерозагађења јављају се бука (Илић и сар. 2012; Јањуш и сар. 2017а, 2017б; Илић и сар. 2017; Ilić et al. 2018а, 2018б, 2018с, 2018д; Божић и сар. 2018; Farooqi et al. 2020, 2021; Војић et al. 2020; Ilić et al. 2021; Стојановић Бјелић и сар. 2022) и електромагнетно зрачење (Popović et al. 2019, 2021). Осим постојећих индустријских капацитета, велики проблем за аерозагађење су и контаминирани индустријске зоне са присутним загађењем земљишта и воде, које су значајан извор специфичних загађујућих материја у животној средини (Илић и сар. 2007; Gašić et al. 2010; Lammel et al. 2010, 2010, 2011; Ilić et al. 2020; Stojanović Bjelić et al. 2022; Ilić et al. 2021b, 2021c, 2021d, 2021e, 2022). Загађење ваздуха као посљедица савременог начина живота у индустријски развијеним и урбаним срединама утиче на здравље становништва. Упоредо са економским развојем и негативним утицајем на животну средину, смањење загађења ваздуха дио је напора који се чини да би се побољшали услови живота и заштитила животна средина (Илић и сар. 2012; Илић и Максимовић 2021). Ни загађење унутрашњих простора ништа мање не угрожава здравље људи и животну средину уопште. У затвореним срединама то је употреба горива у пећима за гријање и кување без вентилације, пушење и сл. Сагоријевање фосилних горива и горива од

биомасе за гријање домаћинстава такође је распрострањен извор загађења спољашњег ваздуха у многим дијеловима свијета (WHO 2021).

Просторна и временска концентрација загађујућих материја у спољашњем ваздуху варира у зависности од просторне дистрибуције извора и периода јављања (нпр. дневни или сезонски), карактеристика загађујућих материја и њихове динамике (дисперзија, таложење, интеракција са другим загађујућим материјама) и од метеоролошких услова. У урбаним срединама неке загађујуће материје распоређене су хомогеније од других. На примјер, концентрација $PM_{2.5}$ има много мање просторне варијације у поређењу са концентрацијом ултрафиних честица. Важно је да просторне варијације одређују у којој мјери амбијенталне концентрације мјерене на једној фиксној локацији одражавају спољашње концентрације на другим локацијама у тој области. Временске варијације су веома важна карактеристика загађења амбијенталног ваздуха (WHO 2021).

Загађење ваздуха је најизраженији фактор ризика за животну средину у свијету. Процјене Свјетске здравствене организације (СЗО) показују да се око седам милиона смртних случајева, углавном од незаразних болести, може приписати заједничким ефектима загађења амбијенталне средине и ваздуха у домаћинствима. Сличне глобалне процјене загађења ваздуха сугеришу између четири милиона и девет милиона смртних случајева годишње и стотине милиона изгубљених година здравог живота, са највећим оптерећењем болести обично у земљама са ниским и средњим приходима (WHO 2021).

Балканске земље имају висок ниво загађења ваздуха и смртних случајева везаних за загађење ваздуха уопште у Европи. Проблем загађења ваздуха присутан је и у Републици Српској (Ilić et al. 2018e, 2020b; Илић и Максимовић 2021; Radović et al. 2022). Босна и Херцеговина (БиХ) је једна од најзагађенијих земаља у Европи са аспекта присуства суспендованих честица и имала је највиши европски просјек од $55,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ суспендованих честица до $10 \mu\text{m}$ (PM_{10}), са нагласком да се мјерења обично врше у најзагађенијим подручјима. У БиХ је у 2012. години као посљедица аерозагађења забиљежен 231 смртни случај на 100.000 људи и по броју преминулих имала је највишу стопу смртности у Европи (WHO 2017; Илић и Максимовић 2021).

Ефекат нарушеног квалитета ваздуха огледа се и на утицај на кардиоваскуларни, цереброваскуларни али и репродуктивни систем (Јевтић и Матковић Пуљић 2005). Процјењује се да ће се терет болести који се може приписати загађењу ваздуха сада надметати са другим великим глобалним здравственим ризицима као што су нездрава исхрана и пушење дувана, јер је био међу првих пет од 87 фактора ризика у глобалној процјени (WHO 2021).

Једна од посљедњих промјена у вези са загађењем ваздуха је појава Covid-19. Занимљиво је да су мјере закључавања наметнуте да би се сачувало јавно здравље, али су имале једну важну заједничку корист — побољшале су квалитет ваздуха у многим областима. Вриједности $PM_{2,5}$, PM_{10} , CO и NO_2 током 2020. године значајно су мање у ваздуху у поређењу са истим периодом 2019. (Jevtić et al. 2022).

Загађење ваздуха доводи и до економских утицаја на здравље. Повећавају се трошкови лијечења, који се односе на учесталост болести и морталитет. Долази до губљења продуктивности рада од 1% бруто домаћег производа у земљама са ниским доходком и до 5% у земљама са високим приходима.

Осим здравственог оптерећења, загађење ваздуха узрокује додатне економске трошкове утичући на пољопривредне културе или оштећења зграда и инфраструктуре. Поред тога, постоје трошкови повезани са климатским промјенама које су повезане са загађењем ваздуха и деградацијом животне средине (WHO 2021). Имајући у виду расположиве здравствене показатеље о здравственим ризицима и податке о квалитету ваздуха, а узимајући у обзир значај обезбеђења енергије за свакодневни живот и задовољавање базичних потреба, јасно је да је неопходно да се здравствени аспекти разматрају приликом доношења одлука за будуће генерације (Јевтић и Матковић Пуљић 2005). Занимљиво је да еколошки и професионални ризици који се могу избјећи узрокују око једне четвртине свих смртних случајева у свијету. Улагање у здравију средину ради заштите здравља, регулисања животне средине и обезбјеђивање отпорности здравствених система на климатске промјене представља једну од најбољих зарада за друштво. На примјер, сваки долар који је уложен у јачање америчког закона о чистом ваздуху вратио је 30 долара у корист грађана Сједињених Америчких Држава, кроз побољшани квалитет ваздуха и боље здравље (WHO 2020).

5.2. Законска регулатива за амбијентални ваздух

Као и код свих осталих елемената заштите животне средине, сложен систем закона и подзаконских аката регулише област заштите ваздуха од загађивања, али и друга питања за смањење загађења ваздуха.

Питање заштите ваздуха у Републици Српској регулисано Законом о заштити ваздуха (Закон 2011 и 2017). Уредбом о успостављању Републичке мреже мјерних станица и мјерних мјеста (Уредба 2012) утврђени су број и распоред мјерних станица и мјерних мјеста у одређеној зони и агломерацији, те обим, врста и учесталост мјерења. Континуирана мјерења и праћење квалитета

ваздуха у Републици Српској врше се у неколико градова и општина у Републици Српској: у Бањој Луци, Приједору, Бијељини, Броду, Угљевику и Гацку. У Бањој Луци мјерења се врше на три локације урбаног дијела града, у Борику, на Паприковцу и у Центру. Ове локације су у надлежности Градске управе Града Бање Луке и чине локалну мрежу мјерних мјеста. У Бијељини се мјерења врше на два мјерна мјеста, Центар града и Топлана, која су у надлежности Града Бијељине и чине локалну мрежу мјерних мјеста. У Броду, Угљевику, Приједору и Гацку вршена су мјерења на по једној локацији и дио су републичке мреже мјерних мјеста. Оцјена квалитета ваздуха врши се у складу са стандардима, дефинисаним Уредбом о вриједностима квалитета ваздуха (2012) (Таб. 5.1, 5.2, 5.3 и 5.4).

Таб. 5.1. Граничне вриједности за заштиту здравља људи у Републици Српској (Уредба 124/12)

Table 5.1. Limit values for the protection of human health in the Republic of Srpska (Уредба 124/2012)

Период узорковања	Гранична вриједност
Сумпор-диоксид	
Један сат	350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Један дан	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Календарска година	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Азот-диоксид	
Један сат	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Један дан	85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Календарска година	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Суспендоване честице PM_{10}	
Један дан	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Календарска година	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Суспендоване честице $\text{PM}_{2,5}$ (стадијум 1)	
Календарска година	25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Суспендоване честице $\text{PM}_{2,5}$ (стадијум 2)	
Календарска година	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Бензен	
Календарска година	5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Угљен-моноксид	
Максимална дневна осмочасовна вриједност	10 mg/m^3
Један дан	5 mg/m^3
Календарска година	3 mg/m^3

Таб. 5.2. Циљна вриједност за суспендоване честице (PM_{2,5}) (Уредба 124/12)
 Table 5.2. Target value for suspended particles (PM_{2,5}) (Уредба 124/12)

Циљна вриједност за суспендоване честице (PM _{2,5})	
Период узимања средње вриједности мјерења Календарска година	Циљна вриједност 25 µg/m ³

Таб. 5.3. Циљна вриједност за приземни озон (Уредба 124/12)
 Table 5.3. Target value for ground-level ozone (Уредба 124/12)

Циљна вриједност за приземни озон		
Циљ	Период рачунања просјечне вриједности	Циљна вриједност
Заштита здравља људи	Максимална дневна осмочасовна средња вриједност	120 µg/m ³

Таб. 5.4. Концентрације сумпордиоксида и азотдиоксида опасне по здравље људи (Уредба 124/12)
 Table 5.4. Concentrations of sulfur dioxide and nitrogen dioxide dangerous to human health (Уредба 124/12)

Загађујућа материја	Концентрација опасна по здравље
Сумпор-диоксид	500 g/m ³
Азот-диоксид	400 µg/m ³

Таб. 5.5. Концентрације приземног озона опасне за здравље људи и концентрације о којима се извјештава јавност (Уредба 124/12)
 Table 5.5. Concentrations of ground-level ozone dangerous to human health and concentrations reported to the public (Уредба 124/12)

Сврха	Период узимања средње вриједности мјерења	Граница
Обавјештење	1 сат	180 µg/m ³
Упозорење	1 сат	240 µg/m ³

Таб. 5.6. Максималне дозвољене концентрације за заштиту здравља људи за сумпор-водоник и чађ (Уредба 124/12)
 Table 5.6. Maximum permitted concentrations for the protection of human health for hydrogen sulfide and carbon black (Уредба 124/12)

Период узорковања	Гранична вриједност
Сумпор-водоник (H ₂ S)	
Један дан	150 µg/m ³
Чађ	
Један дан	125 µg/m ³
Календарска година	50 µg/m ³

Свјетска здравствена организација је у 2021. донијела нове смјернице за честице (PM_{2,5} и PM₁₀), озон, азот-диоксид, сумпор-диоксид и угљен-моноксид (WHO 2021). Општи циљ ових смјерница је да понуде квантитативне здравствене препоруке за квалитет ваздуха, изражене као дугорочне или краткорочне концентрације одређеног броја кључних загађујућих материја ваздуха. Прекорачење нивоа смјерница за квалитет ваздуха повезано је са важним ризицима за јавно здравље. Ове смјернице нису правно обавезујући стандарди, већ пружају земљама инструмент заснован на доказима, који могу користити за информисање о законодавству и политици. Осим тога, смјернице ће бити кључна компонента за подршку глобалној политици квалитета ваздуха и развоју стандарда, политике чистог ваздуха и других алата за управљање квалитетом ваздуха. Коначно, циљ ових смјерница је да пруже препоруке које ће помоћи у смањењу нивоа загађујућих материја да би се смањио велики здравствени притисак широм свијета који је резултат изложености загађењу ваздуха.

5.3. Стање квалитета амбијенталног ваздуха у Републици Српској

Мониторинг систем квалитета ваздуха обухвата детекцију, осматрање и праћење извора загађења ваздуха, параметара квалитета и квантитета, дисперзије и ефеката загађујућих супстанци у животној средини. Добро постављен и ефикасан мониторинг систем један је од основних услова управљања квалитетом животне средине (Илић и Максимовић 2021). Мјерења квалитета ваздуха су дизајнирана да одреде нивое свих врста загађујућих материја у атмосфери коју удишемо без покушаја да се направи разлика између загађујућих материја које се јављају у природи и оних које су резултат људске активности (Weiner and Matthews 2003). Мјерење концентрација загађујућих материја у ваздуху на фиксним локацијама за праћење традиционални је приступ који се користи за управљање квалитетом ваздуха, за процјену трендова и за процјену изложености за епидемиолошке анализе. Међутим, упркос расту броја локација за праћење на глобалном нивоу, чак и за најчешће праћене загађујуће материје, покривеност је неадекватна (често је ограничена на велике градове) да би се прецизно процијенила изложеност на многим различитим мјестима где људи живе. У многим земљама свијета још немају уређен систем мониторинга или је неадекватан, нарочито у руралним подручјима или ван већих градова. Иако постоји све већа покривеност мониторингом РМ, покривеност другим загађивачима као што су озон, азот-диоксид и сумпор-

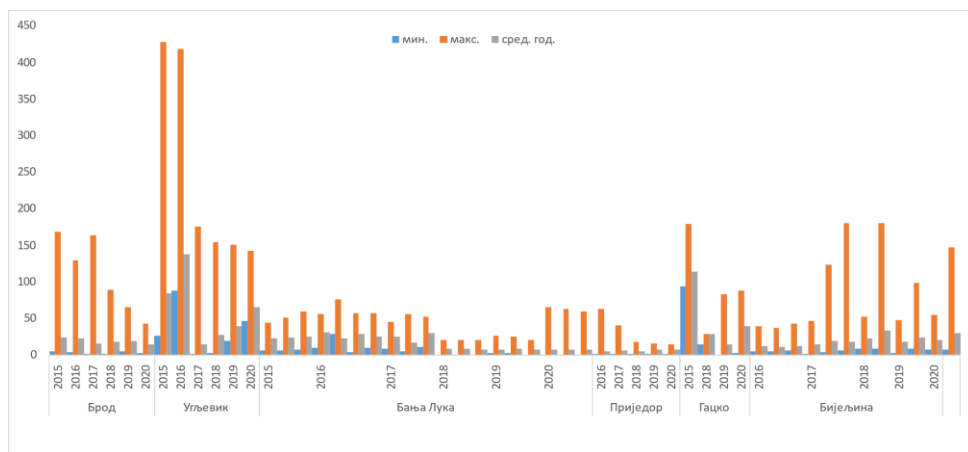
диоксид је мање обимна. Неадекватност мониторинга онемогућује да се карактеришу просторне варијације специфичних загађујућих материја ваздуха у градовима, као што су азот-диоксид, црни дим (чађ) и ултрафине честице (WHO 2021). Од 2010. године постоји нови модел праћења загађења, значајно побољшан у односу на наведене недостатке мониторинга, а настао је комбинацијом преузимања сателитских података и модела хемијског транспорта са информацијама о коришћењу земљишта и мјерењима на тлу. Оваквим праћењем загађења ваздуха могућа је процена глобалне концентрације загађујућих материја, али и утврђивање варијабилности квалитета ваздуха унутар града (WHO 2021).

5.3.1. Сумпор-диоксид

Сумпор-диоксид је безбојан и незапаљив гас, загушљивог мириса. Не ствара експлозивне смјеше. Тежи је од ваздуха и добро се раствара у води. Једињења сумпора антропогеног поријекла настају сагоревањем фосилних горива и из појединих индустријских процеса (Илић и Максимовић 2021; Ćirišan et al. 2023). Историјски гледано, сумпор-диоксид и честице које настају сагоревањем фосилних горива били су главне компоненте загађења ваздуха у многим дијеловима свијета. Добија се сагоревањем фосилних горива која садрже сумпор и главна је загађујућа материја ваздуха у многим дијеловима свијета. Оксидација сумпор-диоксида, посебно на површини честица у присуству металних катализатора, доводи до стварања сумпорасте и сумпорне киселине (WHO 2021).

Најозбиљнији проблеми у вези са присуством сумпор-диоксида јављају се у великим урбаним срединама где се угаљ користи за гријање домаћинства или за лоше контролисано сагоревање у индустријским постројењима (WHO 2021), што је случај и у Бањој Луци, Бијељини и другим градовима у Републици Српској и Босни и Херцеговини. Просјечне концентрације сумпор-диоксида у урбаним подручјима су 26,2-52,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Међутим, садашње концентрације могу да буду много веће. Градови који су са просјечном годишњом концентрацијом сумпор-диоксида од 26,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ могу да очекују концентрацију од 1.048-1.834 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ у најнеповољнијим данима и 2.620-5.240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ у најнеповољнијим сатима у току дана (Ђуковић и Бојанић 2000). Према уоченим подацима, у Бањој Луци је током 2006. године забиљежена просјечна годишња вриједност сумпор-диоксида од 10,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Ово указује на то да истраживано подручје није оптерећено овом загађујућом материјом и вриједности су испод граница од 20 до 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, које се најчешће јављају у урбаним срединама (Илић и сар. 2008б; Илић и Јањуш 2008; Илић 2009;

Илић и сар. 2010б). У предјелима далеко од било каквих човјекових активности природни ниво сумпор-диоксида је испод $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Јаблановић и сар. 2003). Највеће концентрације забиљежене су током јануара ($39,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$), фебруара и децембра ($18,10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ и $18,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$), због интензивног ложења горива која садрже сумпор, као што је угаљ, и саобраћаја (Илић и сар. 2008а; Илић и Јањуш 2008). Сличан тренд је настављен и у наредном периоду у Бањој Луци, али и у другим локалним заједницама (Илић и Максимовић 2021). На основу анализе података за све градове и општине у којима је вршен мониторинг ваздуха (Граф. 5.1) у периоду 2015–2020. године, јасно је да је присуство сумпор-диоксида највеће у локалним заједницама у којима се налазе термоенергетска постројења (Угљевик и Гацко). Очигледно је да термоелектране имају несумњив утицај на квалитет ваздуха. Гранична вриједност од $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ за календарску годину (Уредба 124/12) прекорачена је у Угљевику током 2015. и 2016. годину и Гацку 2015. године. У осталим локалним заједницама гранична вриједност није прекорачена, с тим да треба нагласити да се повремено јављају епизоде високог загађења, које имају негативан утицај на здравље људи и екосистем у цјелини (Илић и Максимовић 2021). Епидемиолошке студије пружају доказе о здравственим ефектима сумпор-диоксида (WHO 2021).



Граф. 5.1. Концентрације сумпор-диоксида (Извјештаји 2015–2020)
 Graph 5.1. Sulfur dioxide concentrations (Извјештаји 2015–2020)

На подручју већине локалних заједница нису забиљежене високе вриједности сумпор-диоксида, али због високе релативне влажности ваздуха и низа хемијских реакција у којима се сумпор-диоксид претвара у сумпорну киселину повећавају се штетни ефекти на живи свијет (Илић 2009; Илић и Максимовић 2021).

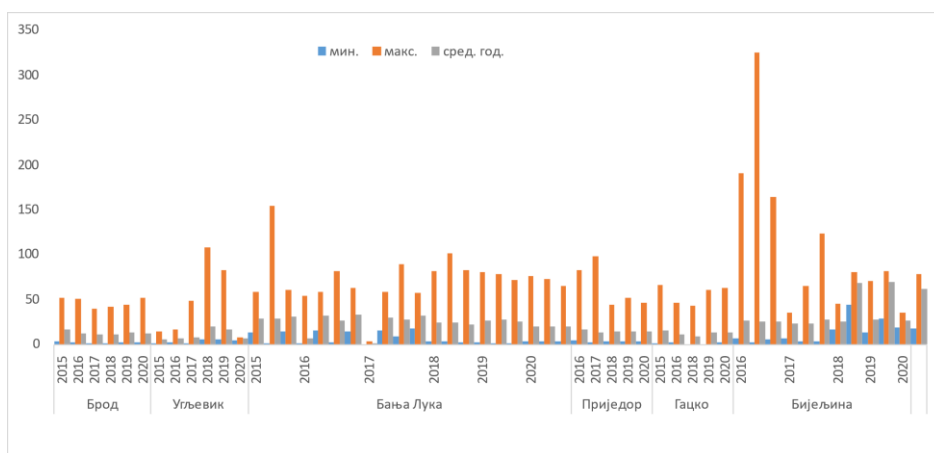
5.3.2. Азот-диоксид

Постоје више азотних оксида, али са становишта људског здравља од највеће важности је азот-диоксид (WHO 2021). Азот-диоксид је гас црвеноранџастосмеђе боје са карактеристичним оштрим мирисом. Под утицајем сунчеве радијације, азот-моноксид у атмосфери прелази у азот-диоксид, који је отрован и штетан за живи свијет. С друге стране, азот-диоксид, под утицајем сунчеве радијације и уз присуство олефинских и других угљоводоника, поново се распада на азот-моноксид и кисеоник (Илић и Максимовић 2021). Азот-диоксид је јак оксиданс, реагује са водом и настаје азотна киселина и азот-моноксид (WHO 2021). Извор оксида азота је најчешће и извор угљоводоника који утичу на фотолитички циклус, односно на повећано стварање азот-диоксида из азот-моноксида (Ђуковић и Бојанић 2000). Азот-диоксид је један од релативно стабилних азотних оксида у атмосфери (Cheng et al. 2012), који доприноси формирању озона и има негативне утицај на копнене и водене екосистеме. У ваздуху може значајно допринијети повећању ефеката на животну средину, као што је стварање киселе кише и еутрофизација у приобалним подручјима (Илић и Максимовић 2021).

Измјерене концентрације азот-диоксида, са највећим вриједностима у великим градовима и уз ауто-путеве и са годишњим средњим концентрацијама изнад $18,82 \mu\text{g}/\text{m}^3$, указују на доминацију саобраћаја и урбаних извора у загађивању ваздуха (RoTAP 2012). Током истраживања на подручју Бање Луке 2006. године просјечна годишња вриједност за азот-диоксид износила је $46,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Илић 2009; Прерадовић и сар. 2010), што указује на загађен ваздух, који може да резултује погоршањем здравља становништва, утицајем на флору и фауну, појавом корозије и штете на материјалним добрима. Прописана граница концентрације NO_2 у ваздуху била је прекорачена и у 2007. години, када је просјечна годишња вриједност износила $63,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ерић и сар. 2008). Током 2015–2017. године забиљежена је нижа просјечна годишња вриједност, која је износила $28,23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Илић et al. 2019). Слична ситуација је и у другим локалним заједницама у Републици Српској, са одређеним одступањима у Бијељини (Илић и Максимовић 2021). Гранична вриједност за једногодишњи период узорковања износи $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ у складу са националним прописима (Уредба 124/12) и прекорачена је у Бијељини више пута у периоду од 2016. до 2020. године (Граф. 5.2). Висок ниво загађења овом загађујућом материјом је вјероватно изазван сагоријевањем течних, чврстих и гасовитих горива и кретањем возила са моторима са унутрашњим сагоријевањем (Илић и Максимовић 2021).

У осталим локалним заједницама није било прекорачења ако се посматра гранична вриједност за календарску годину, с тим да се често јаве прекорачења за граничне вриједност за један сат или један дан, што такође може имати негативан утицај на здравље становника. Висок ниво загађења јавља се у току зимских мјесеци због повећаних емисија, смањења фотохемијских реакција и климатских прилика (Илић и Максимовић 2021).

Азот-диоксид је важан атмосферски гас не само због својих здравствених ефеката већ и зато што апсорбује видљиво сунчево зрачење и доприноси смањеној видљивости атмосфере. Због апсорпције видљивог зрачење има директну улогу у глобалним климатским промјенама, а заједно са азотним оксидом је главни регулатор оксидационог капацитета слободне тропосфере. Има кључну улогу у одређивању концентрације озона у тропосфери јер је фотолиза азот-диоксида једини кључни покретач фотохемијског формирања озона, било у загађеним или незагађеним атмосферама (WHO 2021).



Граф. 5.2. Концентрације азот-диоксида (Извјештаји 2015–2020)

Graph 5.2. Nitrogen dioxide concentrations (Извјештају 2015–2020)

Азот-диоксид је подложен екстензивним атмосферским трансформацијама које доводе до стварања јаким оксиданата који учествују у конверзији азот-диоксида у азотну киселину и сумпор-диоксид у сумпорну киселину и накнадне конверзије у њихове соли за неутрализацију амонијума (WHO 2021). Од азот-диоксида настаје азотаста киселина (HNO_2), а затим и азотна киселина (HNO_3), која се у виду киселих киша (заједно са сумпорном и угљеном киселином) депонује на површини Земље (Прерадовић и сар. 2010) и има штетне посљедице на живи свијет и екосистем у цјелини (Илић и Максимовић 2021).

Кроз фотохемијске реакције инициране активацијом азот-диоксида изазваном сунчевим зрачењем новонастале загађујуће материје су важан извор органских материја, честица нитрата и сулфата, које се мјере као PM_{10} или $PM_{2.5}$. Из ових разлога азот-диоксид је кључни прекурсор низа секундарних загађујућих материја чији су ефекти на људско здравље значајни (WHO 2021).

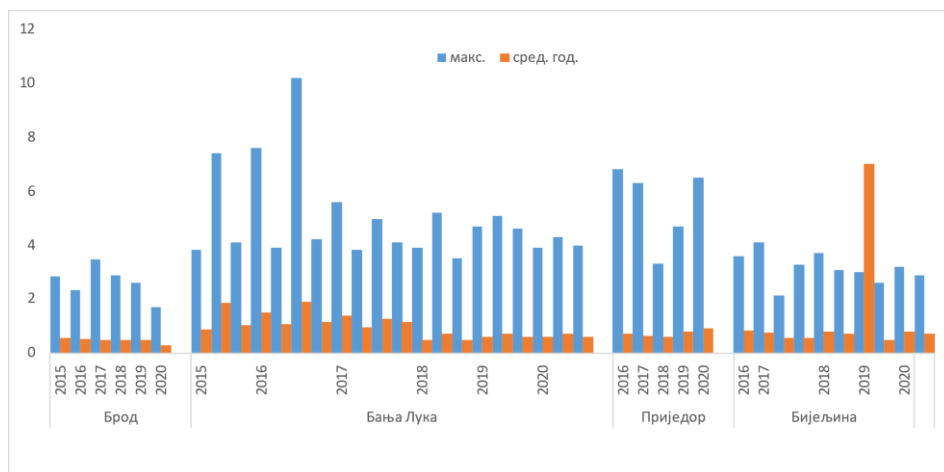
5.3.3. Угљен-моноксид

Угљен-моноксид (угљеник(II)-оксид, CO), безбојан гас, без мириса и укуса, нешто лакши од ваздуха, међу најраспрострањенијим је загађујућим материјама у ваздуху. Угљен-моноксид доприноси стварању приземног озона. Запаљив је, гори свијетлоплавим пламеном и не потпомаже горење (Илић и Максимовић 2021). Реагује бурно са кисеоником, ацетиленом, хлором, флуором и азот-моноксидом. Човјек не може детектовати угљен-моноксид ни видом, ни укусом ни мирисом (WHO 2021). Ово једињење настаје усљед непотпуног сагоријевања фосилних горива у енергетским постројењима, у аутомобилима и домаћинствима и при различитим индустријским процесима (Ђуковић и Бојанић 2000). Угљен-моноксид чини највећи дио емисије издувних гасова аутомобила, а процјена је да се у свијету годишње ослободи 20 милиона тона угљен-моноксида из транспорта, који је уједно и највећи извор ове загађујуће материје и значајно учествује у укупном загађењу ваздуха. Постоји корелација између концентрације угљен-моноксида и густине саобраћаја. Извори угљен-моноксида антропогеног поријекла су у урбаним и индустријским срединама. У градовима је 95-98% угљен-моноксида антропогеног поријекла, па су концентрације угљен-моноксида вишеструко веће него у природи (Стевановић и сар. 2003; Илић и Максимовић 2021). Слободно се мијеша са ваздухом у било којој пропорцији и креће се са ваздухом путем транспорта у расутом стању. Овај гас је запаљив, може да служи као извор горива и да формира експлозивне смјеше са ваздухом (WHO 2021).

Значајни су и природни извори угљен-моноксида који емитују количине приближно једнаке количинама антропогеног поријекла. Најважнији природни извори угљен-моноксида су алге у океанима, морима и језерима (Ђуковић и Бојанић 2000), али настаје и током шумских пожара, паљењем траве и вулканским активностима (Илић и Максимовић 2021).

Количине угљен-моноксида у урбаним подручјима варирају у великој мјери у зависности од временског периода, метеоролошких фактора и локације. Пошто су главни емитери угљен-моноксида моторна возила, његова концентрација директно зависи од њихове покретљивости. У појединим

периодима дана различите су концентрације угљен-монооксида. Највеће су у јутарњим и поподневним часовима, када је и кретање моторних возила најинтензивније. Празницима и викендом осјетно је смањена концентрација угљен-монооксида у ваздуху. Разлог томе је смањен интензитет саобраћаја (Ђуковић и Бојанић 2000). Просјечна концентрација креће се од $3,59 \text{ mg/m}^3$ у урбаним срединама до $0,11 \text{ mg/m}^3$ у руралним срединама. У великом градовима са густим саобраћајем концентрација угљен-монооксида достиже и до $114,56 \text{ mg/m}^3$, а у подземним гаражама без добре вентилације прелази $229,12 \text{ mg/m}^3$ (Јаблановић и сар. 2003). Просјечна годишња вриједност концентрације угљен-монооксида у Бањој Луци за период узорковања од осам часова износила је $2,90 \text{ mg/m}^3$, па се може сматрати да не постоји критична загађеност овом загађујућом материјом када се посматра годишњи просјек, с тим да су забиљежени периоди веће загађености, на примјер 2006. године у јануару $9,23 \text{ mg/m}^3$, а најмања загађеност забиљежена је током јула $0,47 \text{ mg/m}^3$ (Илић 2009). На истраживаном локалитету највећи извор загађења угљен-монооксидом је највјероватније посљедица сагоријевања чврстих горива у домаћинствима, јер су највеће концентрације забиљежене у зимским мјесецима. Измјерене вриједности могу да имају негативан утицај на здравље становништва, на флору и фауну и могу изазвати корозију и штету на материјалним добрима. Квалитет ваздуха погоршава се и у вријеме топлих дана због високе концентрације озона насталог усљед фотохемијског ефекта у љетном периоду (Илић 2009, Илић и Максимовић 2021). Граничне вриједности за календарску годину нису прекорачене у периоду испитивања (Граф. 5.3).



Граф. 5.3. Концентрације угљен-монооксида (Извјештаји 2015–2020)
 Graph 5.3. Carbon monoxide concentrations (Извјештају 2015–2020)

Угљен-моноксид је слабо растворљив у води, крвном серуму и плазми. У људском тијелу реагује са хемоглобином и настаје карбоксихемоглобин (WHO 2021).

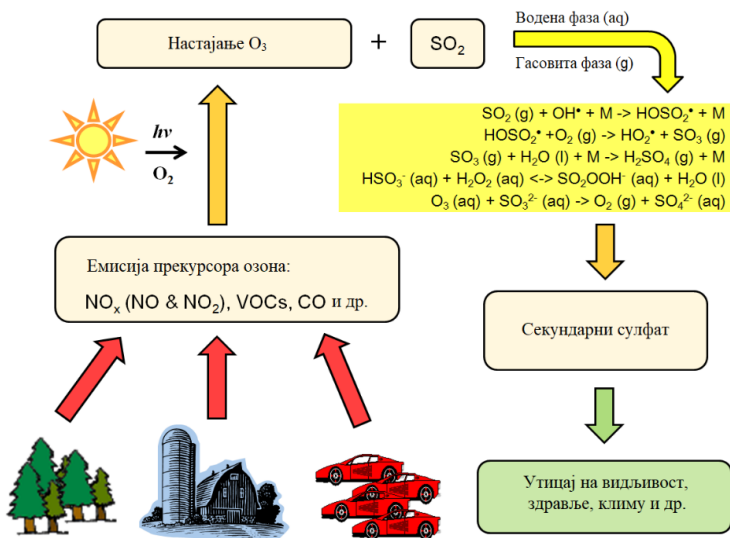
5.3.4. Озон

Приземни (амбијентални, тропосферски) озон ($2\lambda^4$ -трикисеоник, O_3) и други фотохемијски оксиданси су загађујуће материје који се не емитују директно из примарних извора. Умјесто тога, они обухватају групу хемијских врста формираних кроз низ сложених реакција у атмосфери вођених енергијом која се преноси на молекуле азот-диоксида (NO_2) када апсорбују свјетлост сунчевог зрачења (WHO 2021). Озон је једна од присутнијих загађујућих материја, која при високим концентрацијама угрожава људско здравље, док и низак ниво загађења озоном изазива оштећења на љетини и другој вегетацији. Озон је кључни састојак градског смога и веома важан фотохемијски оксиданс у тропосфери (Ункашевић 1998; Paoletti 2006). При ниским концентрацијама озон је пријатног мириса, а при већим иритабилан и опасан гас, нарочито у затвореним просторијама (Илић и Максимовић 2021).

Озон има исту хемијску структуру било да се јавља километрима изнад тла или на нивоу тла и дијели се на „лош“ или „добар“, у зависности од његовог положаја у атмосфери. У Земљиној доњој атмосфери приземни озон се сматра „лошим“ и основни је састојак смога. Простире се од тла до приближно 16 km висине и ту је свега 10% озона. Сунчева свјетлост и високе температуре узрокују стварање приземног озона у штетним концентрацијама. „Добар озон“ настаје природно у стратосфери на 16-48 km изнад Земљине површине и формира слој који штити живот на Земљи од штетних сунчевих зрака. У стратосфери се налази 90% озона (Илић и Максимовић 2021).

Супстанце које потпомажу стварање приземног озона, тј. прекурсори (претходници) озона јесу азотни оксиди и одговарајућа лако испарљива органска једињења (*Volatile organic compound*, VOC), као што су бензен, толуен, ксилен и друга (Илић и Максимовић 2021). Метан је мање реактиван од осталих VOC, али је присутан у много већим концентрацијама. Концентрације метана у посљедњих 100 година повећане су због његове све веће употребе као горива, а ослобађа се из пиринчаних поља и домаћих животиња. Фотохемија која укључује метан чини велики део пораста озона изнад океана и удаљених копнених подручја, са око $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ на око $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (WHO 2021). Од азотних оксида и органских једињења, уз помоћ сунчеве

енергије, ствара се озон (ултраљубичасто зрачење, висока температура и вријеме без вјетра) (Сл. 5.1) (Илић и Максимовић 2021).



Сл. 5.1. Настанак озона из прекурсора (Lin et al. 2011)

Fig. 5.1. Formation of ozone from precursors (Lin et al. 2011)

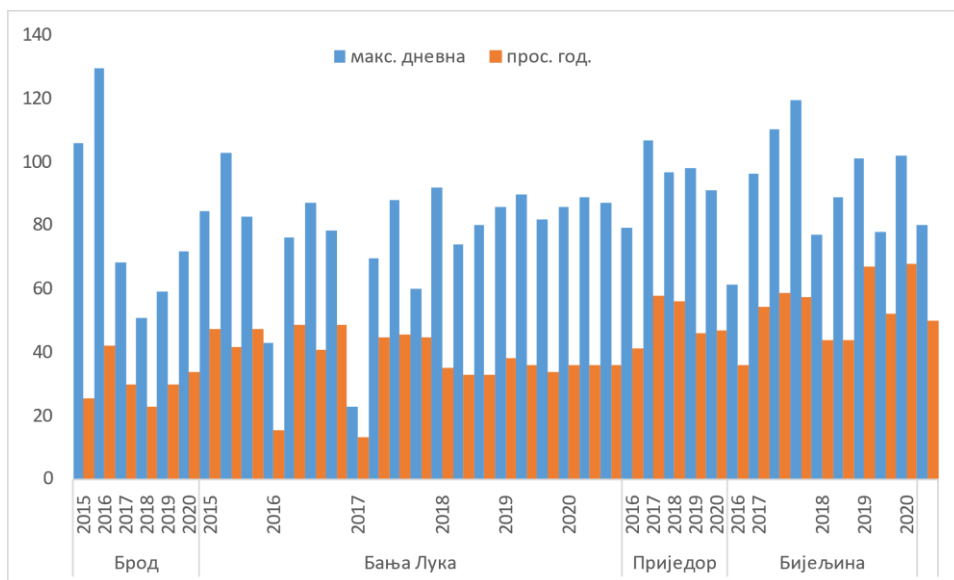
Озон припада гасовима који стварају ефекат стаклене баште. Алотропска је модификација кисеоника, гас без боје, састављен од три атома кисеоника. Настаје електричним пражњењем при високим температурама или енергијом ултраљубичастиг зрачења (Рожаја и Јаблановић 1980) дјеловањем ултраљубичасте свјетлости на молекуларни кисеоник. Фотохемијске реакције између NO_x и VOC (које потичу углавном од процеса сагоријевања) регулишу концентрацију приземног озона у атмосфери (Илић и Максимовић 2021).

Хемијске реакције не одвијају се тренутно, него трају сатима или данима. Нивои озона забиљежени на одређеној локацији можда су резултат емисија VOC и NO_x стотинама или чак хиљадама километара далеко. Максималне концентрације често се јављају низ вјетар од подручја извора емисије прекурсора озона (VOC и NO_x) (Илић и Максимовић 2021).

Повећање концентрације озона у доњој тропосфери настаје због фотохемијских реакција у присуству повећаног загађења атмосфере (азотни оксиди, угљоводоници итд.) (Ункашевић 1998), током заваривања електричним луком, из издувних гасова мотора са унутрашњим сагоријевањем, при коришћењу електричне опреме високе волтаже, електричном пражњењу, коришћењу лампи са живом, штампању на

пластичним површинама у графичкој дјелатности, при пречишћавању вода, процесима бијељења и слично (Којовић и сар. 2006). Настанку озона у затвореним просторијама потпомажу рад фотокопирних апарата и ласерских штампача и пушење (Илић и Максимовић 2021).

Количина зимског смога смањена је у већини урбаних области, док се количина љетњег смога повећава, што је ситуација и на подручју Бање Луке (Илић 2009). Вриједност концентрације озона која је забиљежена током 2006. године на подручју Бање Луке од $52,41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ указује на загађење ваздуха и већа је од дозвољене вриједности чак три пута (Илић 2009, Илић и сар. 2009). Ниже вриједности забиљежене су током 2016. године са просјечном дневном вриједношћу од $28,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ и осмочасовном вриједношћу од $37,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Ilić et al. 2020b; Илић и Максимовић 2021). Током периода истраживања нису прекорачене граничне вриједности на годишњем нивоу (Граф. 5.4).

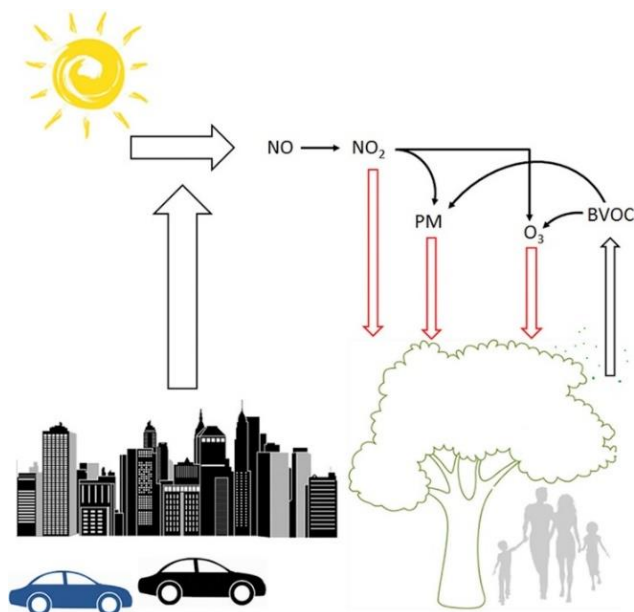


Граф. 5.4. Концентрације озона (Извјештаји 2015–2020)

Graph 5.4. Ozone concentrations (Извјештају 2015–2020)

Антропогене емисије озонских прекурсора (VOC и NO_x) такође узрокују значајно повећање концентрације озона и настајање фотохемијског смога. Ово се дешава када се високе концентрације прекурсора поклапају са временским условима погодним за производњу озона, као што је топао ваздух, који се споро креће. Ове „епизоде загађења озоним“ ($>79 \mu\text{g}/\text{m}^3$) токсичне су за људско здравље (са дугорочним прагом од $98 \mu\text{g}/\text{m}^3$ дневно 8 h) и вегетацију (Илић и Максимовић 2021).

Прије индустријске револуције природни извори NO_x и VOC генерисали су озон у тропосфери, повећавајући концентрацију која се преносила из стратосфере. Данас се велике количине NO_x и VOC ослобађају антропогеном активности, као што је сагоријевање фосилних горива (Сл. 5.2), што је довело до великог пораста концентрације на сјеверној хемисфери. Анализа историјских мјерења озона указује на то да се од 50-их година двадесетог вијека концентрација озона удвостручила (Volz and Kley 1988; Vingarzan 2004), док је дошло до одређеног успоравања овог тренда посљедњих деценија (Derwent et al. 2013; Илић и Максимовић 2021).



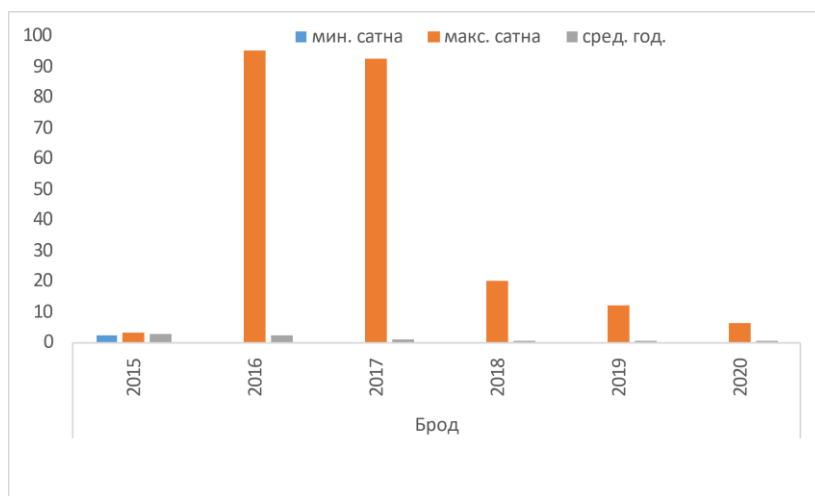
Сл. 5.2. Настајање озона и урбана вегетација (Sicard et al. 2018)
Fig. 5.2. Ozone formation and urban vegetation (Sicard et al. 2018)

За разлику од „здравог“ озона, „лош“ озон формира се у нижим дијеловима атмосфере и при повећаним концентрацијама у ваздуху представља загађујућу материју. Настаје у близини Земљине површине емитовања загађујућих материја из аутомобилских мотора, термоелектрана, индустријских котлова, рафинерија, постројења хемијске индустрије и осталих извора и хемијски реагују у присуству сунчеве свјетлости.

Приземни озон формира се и из природних процеса (ерупције вулкана, испаравање земљишта, распадање биља). Загађење озонем је проблем у љетним мјесецима, када су временски услови одговарајући за формирање приземног озона (Илић и Максимовић 2021).

5.3.5. Бензен

Бензен (бензол) (C_6H_6) је најједноставнији ароматични угљоводоник, широко распрострањен у животној средини. Основно је једињење у великој групи органских ароматичних једињења, арена. Бензен је безбојна течност карактеристичног мириса и мале вискозности, густине $0,885 \text{ g/cm}^3$, температуре топљења $5,5^\circ \text{ C}$ и температуре кључања $80,2^\circ \text{ C}$. Гори свијетлим и јако чађавим пламеном. Отрован је и карциноген и у течном и у гасовитом стању. Користи се као састојак моторних горива, растварач за масноћу, восак, смолу, уље, боје, пластику и гуму, у екстракцији уља из сјеменки и плодова и за штампање фотографија. Користи се и у производњи детерџената, експлозива, фармацеутских производа и средстава за бојење. Изложеност становништва бензену је, директно или индиректно, резултат дима цигарете, коришћења разређивача и бензина у затвореним просторима и цурења подземних резервоара за гориво. Будући да су многи од ових извора лоцирани у унутрашњем простору, концентрације бензена су генерално ту веће него у спољашњој средини (Илић и Максимовић 2021). У Републици Српској присутност бензена у ваздуху прати се само у Броду, у склопу обавезног мониторинга Рафинерије нафте Брод (Граф. 5.5), с тим да су након престанка рада Рафинерије вриједности бензена веома ниске.



Граф. 5.5. Концентрације бензена (Извјештаји 2015–2020)

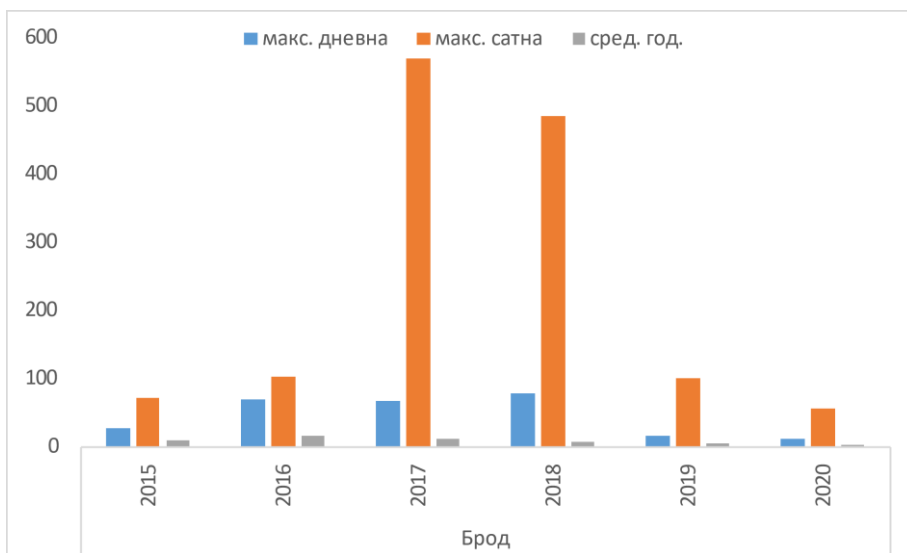
Graph 5.5. Benzene concentrations (Извјештаји 2015–2020)

У атмосфери је присуство бензена и више од 70 његових деривата посљедица сагоријевања фосилних горива и емисија из различитих индустријских процеса. Од њих настају разни ароматични алдехиди, алкохоли и нитрати.

Ови производи имају умјерено високу молекулску масу, умјерено су растворљиви у води и могу се лако таложити на површинама честица аеросола (Yu et al. 2016; Илић и Максимовић 2021).

5.3.6. Сумпор-водоник

Сумпор-водоник (H_2S) је безбојан врло отрован и запаљив гас. Изузетно је неугодног мириса, који подсећа на трула јаја, па се лако може препознати и избјећи тровање. Веже се за гвожђе у металоензимима важним за ћелијско дисање. Настаје као продукт анаеробних бактерија, а у већим концентрацијама налази се у канализацијама, мочварама и сличним окружењима (Кнежевић и сар. 2015). Мјерења се врше само на подручју Брода (Граф. 5.6), с тим да су након престанка рада Рафинерије Брод измјерене вриједности веома ниске.



Граф. 5.6. Концентрације сумпор-водоника (Извјештаји 2015–2020)
Graph 5.6. Hydrogen sulfide concentrations (Извјештаји 2015–2020)

На подручју Републике Српске ријетко се врши мониторинг осталих специфичних загађујућих материја, као што су ароматични угљоводоници, полициклични ароматични угљоводоници, амонијак и тешки метали. Одређена истраживања вршена су на локацији Инцел у Бањој Луци, када је мјерена концентрација диоксида, фурана и других органохлорних

загађујућих материја (Gašić et al. 2010; Lammel et al. 2010, 2010; Lammel et al. 2011) и тешких метала (Илић и Максимовић 2021).

5.3.7. Честице (PM₁₀ и PM_{2,5})

Честице се дјелимично формирају у атмосфери хемијским реакцијама које производе неорганске нитрате и сулфате и органска једињења (WHO 2021). Атмосферски аеросол је мјешавина органских и неорганских чврстих честица и течних капљица врло хетерогеног састава у ваздуху (Којовић и сар. 2006) и сложена је мјешавина са компонентама које имају различите хемијске и физичке карактеристике (WHO 2021).

Честице могу да се дефинишу и као свака диспергована материја (било да је ријеч о течной или чврстој агрегацији), чији су поједини агрегати већи од појединачних молекула (0,0002 μm у пречнику), али и мањи од 500 μm (Ђуковић и Бојанић 2000), и често могу имати карциногено дејство на људски организам (Илић и Максимовић 2021).

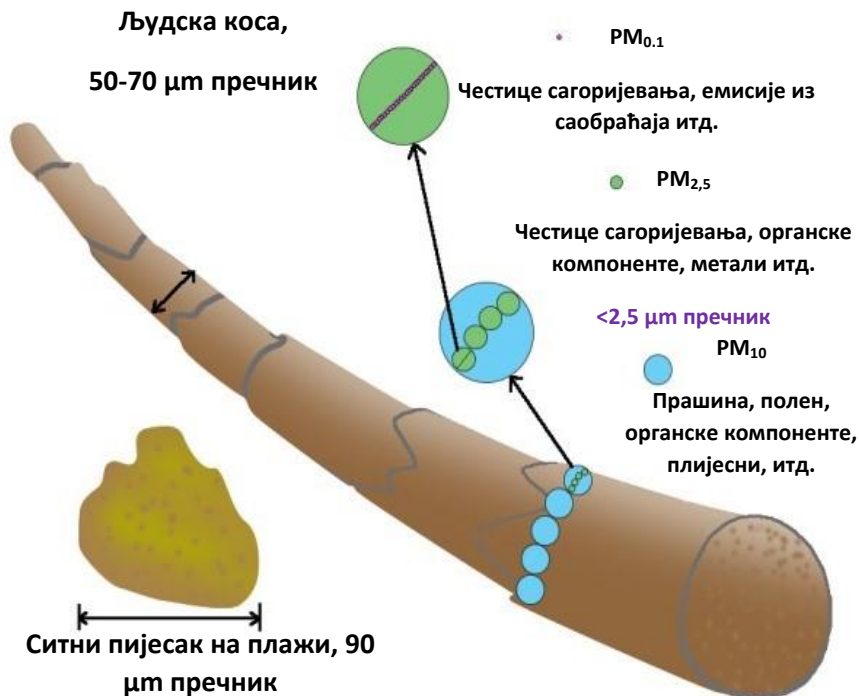
Зависно од величине, суспендоване честице у ваздуху дијеле се на укупне суспендоване честице и суспендоване честице (микроскопске), које се даље класификују на три фракције: са промјером мањим или једнаким од 10 μm (PM₁₀), од 2,5 μm (PM_{2,5}) и од 1 μm (PM₁), често и мањим од 0,1 μm (PM_{0,1}) (Илић и Максимовић 2021) (Сл. 5.3).

Честице PM₁₀ су најчешће кружног облика, остају дисперговане у ваздуху те се могу преносити на веће удаљености уз помоћ ваздушних струјања. У атмосферу доспијевају из различитих извора, а најзначајнији су сагоријевање фосилних горива и саобраћај (Ћаčković et al. 2001).

Честице промјера мањег од 5 μm су невидљиве и често представљају нуклеусе за формирање већих честица у ваздуху (Ђуковић и Бојанић 2000). Фине честице PM_{2,5} обухватају честице мање од 2,5 μm . Честице PM₁, заједно са ултрафиним суспендованим честицама PM_{0,1}, најмање су и најопасније за здравље. Честице PM_{0,1} чак завршавају у мозгу (Илић и Максимовић 2021).

У састав финих и ултрафиних честица (PM₁ и PM_{0,1}) улазе сулфатни, нитратни и јони амонијума, угљеник, метали (олово, кадмијум, никл, бакар, цинк, магнезијум, жељезо) и органске компоненте. Ове честице потичу од сагоријевања угља, дрвета, нафте, бензина и као продукти индустријских процеса на високим температурама у топионицама. Најчешће се добро растварају у течностима и хигроскопне су. У ваздуху се задржавају много дуже, од неколико дана до неколико недеља, а дOMET од извора настанка

досеже од 100 до 1.000 km (Станковић-Никић 2003; Којовић и сар. 2006; Илић и Максимовић 2021).



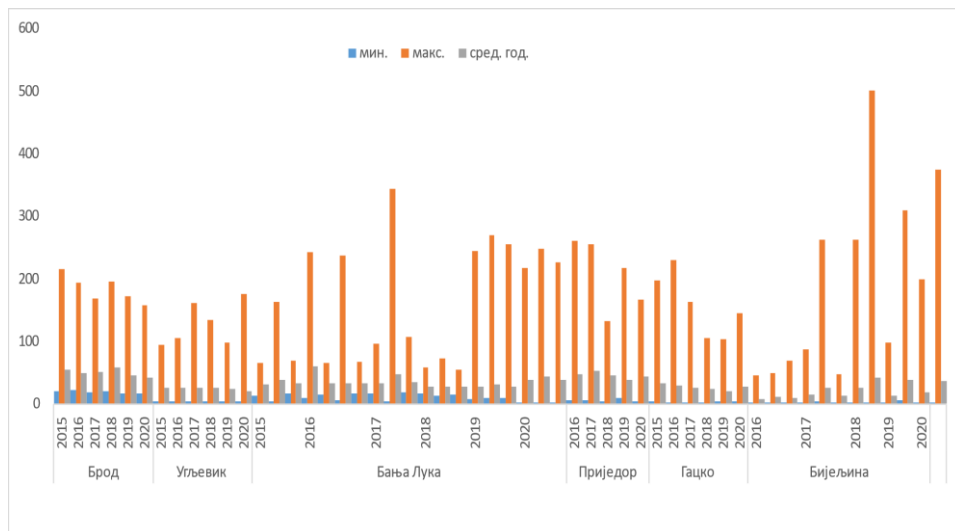
Сл. 5.3. Поређења величине суспендованих честица (Yu et al. 2016)

Fig. 5.3. Size comparisons of suspended particles (Yu et al. 2016)

На подручју Бање Луке биљеже се високе вриједности честица PM₁₀ (81,71 µg/m³), те велики број прекорачења граничних вриједности од 50 µg/m³ (Илић и сар. 2008в; Илић 2009). Овако висока вриједност има значајног утицаја на здравље становништва.

Разна истраживања показују да постоји повезаност између загађења ваздуха, нарочито суспендованим честицама, и штетних ефеката на здравље људи (морталитет и морбидитет). Загађени ваздух смањује видљивост, те на грађевине и материјале дјелује ерозивно и корозивно, а утиче и на животињски и биљни свијет (Čačković et al. 2001).

Највеће загађење суспендованим честицама током истраживања у 2006. години забиљежено је у јануару (202,26 µg/m³), а најмања просјечна мјесечна вриједност је забиљежена током маја (38,53 µg/m³) (Илић и Максимовић 2021).



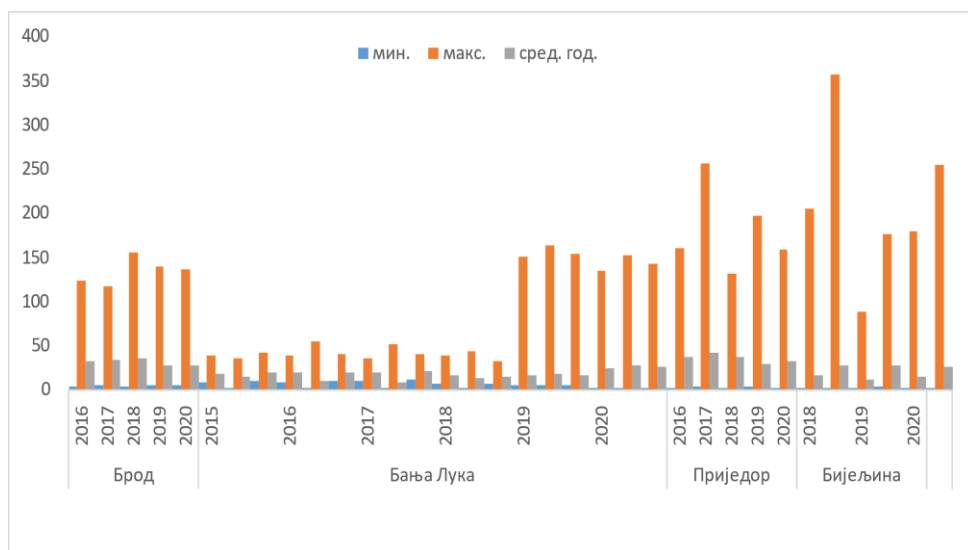
Граф. 5.7. Концентрације честица (PM_{10}) (Извјештаји 2015–2020)
 Graph 5.7. Particulate matter (PM_{10}) concentrations (Извјештаји 2015–2020)

Веома високе вриједности суспендованих честица узроковане су и временским приликама. Пошто се најчешће ради о зимском периоду, загађење је настајало из ложишта за производњу енергије за загријавање домаћинства, индустријских и других објеката и од издувних гасова саобраћајних средстава. Истраживања указују на то да су у топлој дијелу године вриједности концентрација суспендованих честица биле ниже. Гашење кућних ложишта и смањена саобраћајна гужва у сезони годишњих одмора основни су разлози нижих концентрација суспендованих честица у топлој дијелу године.

Спроведена истраживања зависности концентрације суспендованих честица и метеоролошких параметара указују да постоји значајна условљеност између наведених параметара, што су потврдили резултати моделовања (Илић 2009; Илић и сар. 2010а; Илић и Максимовић 2021). Током периода истраживања често су уочавана прекорачења граничних вриједности честица (PM_{10} и $PM_{2,5}$) (Граф. 5.7. и 5.8).

Истраживање о честицама и тумачење резултата истраживања о изложености и ризику компликовани су хетерогеношћу честица, а могућност да изазову утицај на здравље варира у зависности од величине и других физичких карактеристика, хемијског састава и извора. Различите карактеристике честица могу бити релевантне за различите здравствене ефекте (WHO 2021). Повећана концентрација ових загађујућих материја у ваздуху, иако се јавља у краћем временском периоду, може бити узрок

болести респираторних органа становништва, а нарочито дјеце (Zhang et al. 2002). Веома високе забиљежене вриједности суспендованих честица узроковане су и временским приликама, јер се више вриједности концентрација очекују током инверзије, односно при стабилним стањима високог притиска, док се ниже вриједности концентрација очекују при израженим струјањима и мијешању ваздуха и за вријеме падавина, што омогућава грубо предвиђање нивоа загађења суспендованим честицама (Илић и Максимовић 2021).



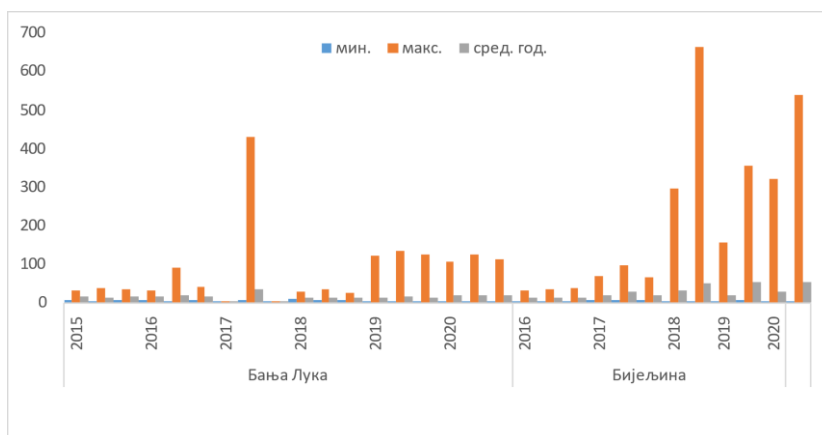
Граф. 5.8. Концентрације честица ($PM_{2,5}$) (Извјештаји 2015–2020)
 Graph 5.8. Particulate matter ($PM_{2,5}$) concentrations (Извјештаји 2015–2020)

Осим укупних суспендованих честица и суспендованих честица PM_{10} и $PM_{2,5}$, законска регулатива у Републици Српској (Уредба 124/12) предвиђа и мјерење укупних таложних материја и чађи. Укупне таложне (седиментне) материје су честице пречника већег од $10 \mu m$, које се, усљед сопствене тежине, транспортују из ваздуха на разне површине (земљиште, вегетација, вода, грађевине и др.) (Илић и Максимовић 2021).

Снижење нивоа концентрација суспендованих честица може се очекивати једино током периода са повишењем температуре (гашење кућних ложишта као извора загађења у топлом периоду године), повећањем брзине вјетра (одвођење суспендованих честица вјетром), повећањем количине падавина (испирање атмосфере) те снижењем ваздушног притиска, који је обиљежје нестабилног времена и падавина (Илић и Максимовић 2021).

5.3.8. Чађ

Сагоријевањем огрева од неорганских фракција настаје пепео, док чађ потиче од сагоријевања органских материја (Кристофоровић-Илић и сар. 2002; Илић и Максимовић 2021). Лебдећи пепео је неорганска материја која није сагорјела и са димом у ваздушној струји одлази у ваздух. Чађ (црни дим) су честице угљеника помијешане са катраном и најчешће су продукт сагоријевања горива које садржи угљеник, као што су дрво, нафта, угљ или дуван (Kuhlbusch et al. 2004). Чађ је често загађујућа материја у ваздуху градских средина и карактеристична је за саобраћајне гужве у којима су присутни дизел-мотори, за нецестовни промет: бродови и возови (са дизел-локомотивама) и за производњу енергије из нафте и угља (Kuhlbusch et al. 2004). Концентрације честица чађи чији је доминантни извор непотпуно сагоријевање фосилних горива у урбаним подручјима су високе (Ђуковић и Бојанић 2000). Просјечне годишње концентрације чађи су од око $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ у сеоским срединама и мање загађеним подручјима градова до око $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ у изузетно загађеним предјелима (Кристофоровић-Илић и сар. 2002). Ове концентрације често прелазе и вриједности од $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ваздуха, а у великој мјери зависе од годишњег доба. Највише концентрације су у току сезоне гријања (јесењи и зимски мјесеци) (Ђуковић и Бојанић 2000). Чађ се кондензује са сумпорним и азотним једињењима и воденом паром, стварајући „токсичну маглу”, односно смог (Кристофоровић-Илић и сар. 2002; Илић и Максимовић 2021). Анализа чађи врши се само на подручју Бање Луке и Бијељине. Посљедњих година прекорачења граничне годишње вриједности евидентирана су на подручју Бијељине (Граф. 5.9).



Граф. 5.9. Концентрације чађи (Извјештаји 2015–2020)

Graph 5.9. Black soot concentrations (Извјештаји 2015–2020)

5.4. Ваздух у затвореним просторима

У затвореним срединама загађење стварају процеси сагоријевања; кување и гријање загађујућим горивима (угаљ или дрво); коришћење свијећа и керозинских лампи (WHO 2021). Осим наведеног, извори загађења у затвореним просторима обухватају дим из цигарете, биолошка загађења (полен, гриње, инсекти, бактерије, гљивице и алергени поријеклом од домаћих животиња), емисије од различитих материјала и материја као што су испарљива органска једињења, олово, радон, азбест и сл. (Илић и Максимовић 2021). Извори и процеси без сагоријевања такође имају значајан утицај на загађење ваздуха у затвореном простору, посебно они који стварају испарљива и полуиспарљива органска једињења (VOC) и/или озон. То укључује реновирање кућа, употребу потрошачких производа (нпр. производа за чишћење и инсектицида) и рад електричних уређаја као што су ласерски штампачи. Подизање прашине услед кретања људи је још један значајан извор у неким затвореним срединама, посебно у школама. Међутим, загађење ваздуха у затвореном простору настаје не само из унутрашњих извора већ и из спољашњих загађујућих материја из ваздуха, које се уносе у унутрашњост у процесима вентилације и продирања кроз омотач зграде. У затвореним срединама без унутрашњих извора загађења загађујуће материје из спољашњости су главни узрок загађења ваздуха у затвореном простору. На излагање додатно утиче распадање у затвореном простору, које је веома брзо за супстанце као што је озон (који је веома реактиван) и веома споро за супстанце као што је угљен-моноксид (који је прилично инертан) (WHO 2021).

У затвореним срединама на концентрације загађујућих материја које потичу из спољашњег ваздуха утичу њихови просторно-временски обрасци концентрације на отвореном и посебно близина зграде спољним изворима (нпр. прометни путеви). Концентрације загађења у затвореном простору зависе од временског обрасца рада спољашњих извора (нпр. саобраћај), али и од унутрашњих извора (нпр. дневни циклус кувања) и процеса распадања (у случају високо реактивних гасова као што је озон). Људи су изложени загађењу ваздуха у свим микросрединама у којима проводе вријеме, а то их доводи у опасност (WHO 2021). У Републици Српској нису рађена истраживања у кућама и становима и истраживања у Бањој Луци и Добоју већином су се базирала на радну средину здравствених установа. Резултати су показали значајно присуство бактерија и гљивица, али и хемијских штетности у радном простору здравствених установа (Ilić et al. 2018f; Vožić et al. 2019; Stojanović Vjelić et al. 2020; Ilić et al. 2020b). Биоаеросоли, као што су ћелије бактерија и гљивица и њихове споре, доприносе 5-34% загађења

ваздуха у затвореном простору (Heikkienen et al. 2005). Као један од елемената животне и радне средине, ваздух нема своју микробну флору и фауну, јер представља веома непријатно окружење за живот и раст микроорганизама. Међутим, велики број микроорганизама преноси се ваздухом, што може изазвати разне болести код људи, животиња или биљака (Мајсторовић et al. 2018; Илић и Максимовић 2021).

Друге загађујуће материје у ваздуху унутрашњих простора укључују радон и продукте његовог распадања и биолошке агенсе. СЗО је развила смјернице за квалитет и за друге одабране загађујуће материје, за влагу и буђ и сагоријевање горива у домаћинству (WHO 2009, 2010, 2014). Узимање у обзир изложености у затвореном простору важно је јер људи проводе већину свог времена у различитим затвореним окружењима, укључујући кућу, радно мјесто, школу и путовање на посао (гдје су микроокружење аутобус, аутомобил или воз). У затвореном простору изложеност се углавном дешава за угрожене групе становништва, јер болесни и старији људи можда неће много излазити напоље. Иако се изложености дешавају у затвореном простору, оне су узроковане и спољашњим и унутрашњим изворима емисија, пошто спољашње загађујуће материје продиру у затворене просторе (WHO 2021). Случајеви пандемије Covid-19 сугеришу да постоји теоретска могућност да аеросолизоване честице које садрже вирус уђу у вентилационе канале у болницама, али и другим објектима (Ilić et al. 2022).

5.5. Закључак

Загађење ваздуха представља проблем широм свијета, па тако и у Републици Српској, јер има велике ефекте на здравље становништва. Ризик за здравље зависи од врсте загађујуће материје, од концентрације загађујућих материја које се удишу и од механизма помоћу којих изазивају штетне ефекте, који могу бити акутни или хронични. Извори загађујућих материја у ваздуху су многобројни, а загађивачи се налазе на свим мјестима на којима људи бораве.

Подручја повећане загађености, са високим концентрацијама загађења, могу додатно погоршати утицај на становништво и довести до нежељених здравствених ефеката. Унутрашњи простори, тј. радна средина и кућа, ако је у њима ваздух загађен, имаће значајан ризик за здравље становништва. У урбаним срединама загађујуће материје у ваздуху у кући су оне које настају из извора у затвореном простору, као што су кување и пушење дувана, и оне из амбијенталног ваздуха, укључујући честице, бензен, азот-диоксид, сумпор-диоксид, угљен-моноксид и друге загађујуће материје.

Литература

- Božić J, Ilić P, Ilić S (2019) Indoor Air Quality in the Hospital: The Influence of Heating, Ventilating and Conditioning Systems. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 62:e19180295. doi:10.1590/1678-4324-2019180295
- Božić J, Ilić P, Ilić S (2020) Noise Levels in the Modern Urban Roundabout, *Indian J. Environ. Prot.* 40(12):1264–1272. Доступно на: www.e-ijep.co.in/december-2020/, Приступљено: 18. јула 2022
- Божић Ј, Илић П, Бјелић Стојановић Љ (2018) Економски аспекти буке од градског саобраћаја: студија случаја. *EMC REVIEW* 8(1):134–149. doi:10.7251/EMC1801134B
- Vingarzan R (2004) A review of surface ozone background levels and trends. *Atmos. Environ.* 38 (21):3431–3442. doi:10.1016/j.atmosenv.2004.03.030
- Volz A, Kley D (1988) Evaluation of the Montsouris series of ozone measurements made in the nineteenth century. *Nature* 332(6161):240–242. doi:10.1038/332240a0
- Gašić B, MacLeod M, Klánová J, Scheringer M, Ilić P, Lammel G, Pajović A, Breivik K, Holoubek I, Hungerbühler K (2010) Quantification of sources of PCBs to the atmosphere in urban areas: A comparison of cities in North America, Western Europe and former Yugoslavia. *Environ. Pollut.* 158(10):3230–3235. doi:10.1016/j.envpol.2010.07.011
- Годишњи извјештаји о квалитету ваздуха у Републици Српској за 2015–2020. годину. Републички хидрометеоролошки завод. Доступно на: <https://rhmrzr.com/zivotna-sredina/kvalitet-vazduha/izvjestaj/godisnji-pregledi/>, Приступљено: 18. јула 2022
- Derwent RG, Manning AJ, Simmonds PG, Spain TG, O'Doherty S (2013) Analysis and interpretation of 25 years of ozone observations at the Mace Head Atmospheric Research Station on the Atlantic Ocean coast of Ireland from 1987 to 2012. *Atmos. Environ.* 80:361–368. doi:10.1016/j.atmosenv.2013.08.003
- Ђуковић Ј, Бојанић В (2000) Аерозагађење – појам, стање, извори, контрола и технолошка рјешења. Институт заштите и екологије, Бања Лука
- Ерић Љ, Тепић С, Илић П, Рачић-Милишић С, Тубин Б (2008) Присуство NO₂ и NO_x на локалитету Центар у Бањој Луци. 5. симпозијум „Хемија и заштита животне средине” са међународним учешћем. Тара, Српско хемијско друштво. Београд
- Закон о заштити ваздуха (Службени гласник Републике Српске, бр. 124/11 и 46/17)
- Zhang JJ, Hu W, Wei F, Wu G, Korn LR, Chapman RS (2002) Children's respiratory morbidity prevalence in relation to air pollution in four Chinese cities. *Environ. Health Perspect.* 110(9):961–967. doi:10.1289%2Fehp.02110961
- Ilić P, Božić J, Ilić S (2018f) Microbiological Air Contamination in Hospital. *Int. J. Sci. High Tech.* 7(2):183–191. doi:10.52155/ijpsat.v.7.2.336

- Ilić P, Farooqi ZUR, Stojanović Bjelić LJ (2021a) Determining, Mapping and Prediction of Noise Pollution, *Indian J. Environ. Prot.* 41(4):379–384. Доступно на: www.e-ijep.co.in/41-4-379-384/, Приступљено: 18. јула 2022
- Ilić P, Ilić S, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić L, Farooqi ZUR, Sole B, Adimalla N (2021b) Source Identification and Ecological Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils and Groundwater. *Ecol. Chem. Eng. S.*28(3):355–363. doi:10.2478/eces-2021-0024
- Ilić P, Ilić S, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić L, Popović Z, Radović B, Mrazovac Kurilić S, Farooqi ZUR, Mehmood T, Mohamed MH, Kouadri S (2022) Ecological Risk of Toxic Metal Contamination in Soil around Coal Mine and Thermal Power Plant. *Pol. J. Environ. Stud.* 31(5):4147–4156. doi:10.15244/pjoes/148071
- Ilić P, Markić DN, Bjelić LS, Farooqi ZUR (2022) Ventilation strategies for healthy indoors in hospitals. In *Viruses, Bacteria and Fungi in the Built Environment*, pp 273–287. Woodhead Publishing. doi:10.1016/B978-0-323-85206-7.00010-1
- Ilić P, Nesković Markić D, Stojanović Bjelić LJ (2018a) Measuring and mapping noise pollution in the City of Banja Luka, *Arch. Tech. Sci.*18(1):89–96. doi:0.7251/afts.2018.1018.089I
- Ilić P, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić LJ (2018e) Variation concentration of sulfur dioxide and correlation with meteorological parameters. *Arch. Tech. Sci.*18(1):81–88. doi:10.7251/afts.2018.1018.081I
- Ilić P, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić LJ, Farooqi, ZUR (2021c) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Different Layers of Soil and Groundwater – Evaluation of Levels of Pollution and Sources of Contamination. *Pol. J. Environ. Stud.* 30(2):1191–1201. doi:10.15244/pjoes/125565
- Ilić P, Nešković Markić D, Šobot Pešić Ž (2018b) Analyzing and mapping noise in the city of Banja Luka (Sime Matavulja street). *Bus. Stud.* 10 (19–20):47–53. doi:10.7251/POS18047I
- Ilić P, Nešković Markić DN, Farooqi ZUR (2020b) Harmful Chemicals in the Work Environment. *Qual. Life.* 11(1–2):40–46. doi:10.7251/QOL2001040I
- Ilić P, Nišić T, Farooqi ZUR (2021d) Occurrence of Specific Polychlorinated Biphenyls Congeners in an Industrial Zone. *Pol. J. Environ. Stud.* 30(1):635–643. doi:10.15244/pjoes/123607
- Ilić P, Nišić T, Farooqi ZUR (2021e) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Contamination of Soil in an Industrial Zone and Evaluation of Pollution Sources. *Pol. J. Environ. Stud.* 30(1):635–643. doi:10.15244/pjoes/119095
- Ilić P, Nišić T, Ilić S, Stojanović Bjelić LJ (2020a) Identifying New ‘Hotspot’ Heavy Metal Contamination in Industrial Zone Soil. *Pol. J. Environ. Stud.* 29(4):2987–2993. doi:10.15244/pjoes/113095
- Ilić P, Popović Z, Gotovac-Atlagić S (2019) Effects of meteorological variables on nitrogen dioxide variation. *Arch. Tech. Sci.*20(1):65–72. doi:10.7251/afts.2019.1120.065I

- Ilić P, Popović Z, Nešković Markić D (2020b) Assessment of meteorological effects and ozone variation in urban area. *Ecol. Chem. Eng. S.* 27(3):373–385. doi:10.2478/eces-2020-0024
- Ilić P, Stojanović Bjelić LJ, Janjuš Z (2018c) Noise Pollution near Health Institutions. *Qual. Life.* 9(1–2):56–63. doi:10.7251/QOL1801056I
- Ilić P, Nesković Markić D, Stojanović Bjelić LJ (2018d) Traffic noise levels in the City of Banja Luka, *Qual. Life.* 9(1–2):20–26. doi:10.7251/QOL1801020I
- Илић П (2009) Контрола квалитета и истраживање утицаја загађења ваздуха у функцији заштите и унапређења животне средине у Бањој Луци. Докторска дисертација, АЦИМСИ, Универзитет у Новом Саду, 2009
- Илић П (2015) Загађење и контрола квалитета ваздуха у функцији заштите животне средине. Независни универзитет, Бања Лука
- Илић П, Јањуш З (2008) Процјена квалитета ваздуха са аспекта присуства сумпор-диоксида. Зборник радова, Научно-стручни скуп са међународним учешћем „Савремене технологије за одрживи развој градова”, Бања Лука, 14–15. новембар 2008, Институт заштите, екологије и информатике, Бања Лука, стр 281–290
- Илић П, Јањуш З, Маркић Нешковић Д (2017) Дневни ниво комуналне буке у урбаном подручју града Бања Лука у зимском периоду. *Актуелности* 38:9–22. doi:10.7251/АКТ17380091
- Илић П, Јањуш З, Стојановић Љ (2008а) Национална регулатива о квалитету ваздуха у Републици Српској. Други међународни конгрес „Екологија, здравље, рад, спорт”, Бања Лука
- Илић П, Лакић, Н, Тубин Б, Јањуш З (2008б) Праћење сумпор-диоксида на локалитету Центар у Бањој Луци. Други међународни конгрес „Екологија, здравље, рад, спорт”, Бања Лука, Бања Лука
- Илић П, Максимовић Т (2021) Аерозагађење и биодиверзитет. Паневропски универзитет Апеирон, Бања Лука
- Илић П, Марковић С, Јањуш З (2009) Загађивање ваздуха и утицај на екосистеме и вегетацију. Зборник радова, Међународна конференција „Валоризација и очување потенцијала Подунавља”, Бања Лука, Министарство трговине и туризма Републике Српске и Међународно удружење научних радника – AIS, Бања Лука, 168–182
- Илић П, Марковић С, Рачић М, Јањуш З (2012) Комунална бука и загађење ваздуха у урбаном дијелу Бање Луке. Природно-математички факултет, Бања Лука. Скуп 4(2):19–31
- Илић П, Прерадовић Љ, Дејановић Р, Марковић С, Јањуш З (2010а) Моделовање загађења ваздуха лебдећим честицама до 10 μm са метеоролошким параметрима, Инфофест, XVII фестивал информатичких достигнућа, Зборник радова, Будва, 289–297
- Илић П, Прерадовић Љ, Дејановић Р, Марковић С, Јањуш З (2010б) Употреба факторске анализе при мониторингу загађења ваздуха и метеоролошким

- параметрима, Зборник радова, 54. Конференције за ЕТРАН, Доњи Милановац, РТ5.5–1–4
- Ilić P, Terić S, Erić Lj (2007) Deponija komunalnog otpada kao izvor загађења i uticaj na ljudsko zdravlje. Mater. Socio Med.-J. Soc. Soc. Med.-Public Health B&H 19(1):50–52
- Илић П, Тепић С, Рачић-Милишић С, Ерић Љ, Тубин Б (2008в) Присуство лебдећих честица до 10 µm на локалитету Центар у Бањој Луци. 5. симпозијум „Хемија и заштита животне средине“ са међународним учешћем, Српско хемијско друштво, Београд
- Јаблановић М, Јакшић П, Косановић К (2003) Увод у екотоксикологију. Универзитет у Приштини, Природно-математички факултет, Косовска Митровица
- Јањуш З, Богданић Д, Павловић С, Чекрлија С, Илић П (2017а) Генератори буке у општини Котор Варош, Зборник Међународног конгреса о процесној индустрији-Зборник радова 28:270–276
- Јањуш З, Ђетојевић В, Павловић С, Чекрлија С. Илић П (2017б) Утицај буке саобраћаја на животну средину града Бања Лука. Зборник међународног конгреса о процесној индустрији. Зборник радова, 264–269
- Jevtić M, Matković V, Paut Kusturica M, Bouland C (2022) Build Healthier: Post-COVID-19 Urban Requirements for Healthy and Sustainable Living. Sustainability 14(15):9274. doi:10.3390/su14159274
- Јевтић М, Матковић Пуљић В (2005) Ваздух – стара тема, вечити изазов, нова питања – (потребни кораци у Србији). Зборник радова 11. регионалне конференције „Животна средина ка Европи“ Београд, Србија, 26–31
- Кнежевић Д, Нишић Д, Цвјетић А, Ранђеловић Д, Секулић З (2015) Мониторинг у животној средини-одабрана поглавља. Универзитет у Београду, Рударско-геолошки факултет.
- Којовић Ј, Павловић М, Гашић М, Прерадовић Љ, Илић П, Тепић С, Лакић Н, Јочић Л (2006) Дјеловање аерозагађења на настајање хроничног бронхитиса код школске дјеце. Пројекат. Институт заштите, екологије и информатике, Бања Лука
- Кристофоровић-Илић М, Радовановић М, Вајагић Л, Јевтић З, Фолић Р, Крњетин С, Обркнежев Р (2002) Комунална хигијена. Прометеј, Нови Сад
- Kuhlbusch T, John A, Hugo A, Peters A, Klot VS, Cyrus J, Wichmann HE, Quass U, Bruckmann P (2004) Analysis and design of local air quality measurements. Towards European Air Quality Health Effect Monitoring. Service Contract 070501/2004/389487/MAR/C1. Final Report. Germany
- Lammel G, Klánová J, Erić Lj, Ilić P, Kohoutek J, Kovačić I (2011) Sources of organochlorine pesticides in air in an urban Mediterranean environment: Volatilisation from soil. J. Environ. Monit. (JEM) 13:3358–3364. doi:10.1039/C1EM10479A
- Lammel G, Klánová J, Ilić P, Kohoutek J, Gašić B, Kovačić I, Lakić N, Radić R (2010a) Polycyclic aromatic hydrocarbons on small spatial and temporal scales – I.

- Levels and variabilities. *Atmos. Environ.* 44(38):5015–5021.
doi:10.1016/j.atmosenv.2010.07.034
- Lammel G, Klánová J, Ilić P, Kohoutek J, Gašić B, Kovačić I, Škrdlíková L (2010b) Polycyclic aromatic hydrocarbons on small spatial and temporal scales – II. Mass size distributions and gas-particle partitioning. *Atmos. Environ.* 44(38):5022–5027. doi:10.1016/j.atmosenv.2010.08.001
- Lin M, Chan IN, Chan CY, Wang XM, Dong HY (2011) Emerging Air Pollution Issues in Changing Pearl River Delta of South China. The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources, 199–214, Publisher: InTech. doi:10.5772/17958
- Majstorović A, Todić M, Ilić P, Erić L, Vukajlović D, Ćilibrk B (2018) The impact of environmental parameters and maintenance on the compressed medical air quality. *Ann. Fac. Eng. Hunedoara* 16(3):209–216. Доступно на: <https://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2018/ANNALS-2018-3-30.pdf>, Приступљено: 10. децембра 2022
- Paoletti E (2006) Impact of ozone on Mediterranean forests: a review. *Environ. Pollut.* 144(2):463–474. doi:10.1016/j.envpol.2005.12.051
- Popović Z, Ilić P, Gotovac Atlagić S, Rikić S, Radović B (2021) Examination along with Precise Mapping of Radio Frequency Pollution over Environment of Elementary School in Banja Luka, Pol. J. Environ. Stud. 30(6):5203–5209. doi:10.15244/pjoes/135140
- Popović Z, Ilić P, Mirošljević R, Gotovac-Atlagić S (2019) Exposure to non-ionizing radiation of area in urban zone of the Banja Luka city, *Arch. Tech. Sci.* 20(1):81–86. doi:10.7251/afts.2019.1120.073K
- Прерадовић Љ, Илић П, Марковић С, Јањуш З (2010) Функционалне зависности загађења ваздуха и азот-диоксида – могућност примјене data mining-а, Зборник радова, 54. конференција за ЕТРАН, Доњи Милановац, VI.2.3–1–4
- Radović B, Ilić P, Popović Z, Vuković J, Smiljanić S (2022) Air Quality in the Town of Bijeljina – Trends and Levels of SO₂ and NO₂ Concentrations. *Qual. Life.* 22(1–2):46–57. doi:10.7251/QOL2201046R
- Рожаја Д, Јаблановић М (1980) Загађивање и заштита животне средине. Завод за уџбенике и наставна средства САП Косова. Приштина
- RoTAP (2012) Review of Transboundary Air Pollution: Acidification, Eutrophication, Ground Level Ozone and Heavy Metals in the UK: Summary for Policy Makers. Centre for Ecology & Hydrology.
- Секулић П, Кастори Р, Хаџић В (2003) Заштита земљишта од деградације. Научни институт за ратарство и повртарство, Нови Сад
- Sicard P, Agathokleous E, Araminiene V, Carrari E, Hoshika Y, De Marco A, Paoletti E (2018) Should we see urban trees as effective solutions to reduce increasing ozone levels in cities? *Environ. Pollut.* 243:163–176. doi:10.1016/j.envpol.2018.08.049
- Станковић-Никић Д (2003) Аерозагађење и здравље. Министарство рада, здравља и социјалне политике Републике Србије, Београд

- Стевановић Б, Кнежић Л, Чикарић С, Илић-Попов Г, Караман Г, Недовић Б, Тодић Д, Вукасовић В, Вујошевић М, Стојановић Б, Тошовић С, Божовић Б, Мијовић Д, Ангелус Ј, Пантовић М, Стефановић Ђ (2003) Енциклопедија: животна средина и одрживи развој, књига тачних одговора. Ecolibri, Београд, Завод за уџбенике и наставна средства, Српско Сарајево.
- Stojanović Bjelić LJ, Ilić P, Farooqi ZUR (2020) Indoor Microbiological air Pollution in the Hospital. *Qual. Life.* 11(1–2):5–10. doi:10.7251/QOL2001005S.
- Stojanović Bjelić LJ, Nešković Markić D, Ilić P, Farooqi ZUR (2022) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils in Industrial Areas: Concentration and Risks to Humans Health. *Pol. J. Environ. Stud.* 31(1):595–608. doi:10.15244/pjoes/137785
- Стојановић Бјелић Љ, Илић П, Нешковић Маркић Д, Поповић З (2022) Бука у животної средини: студија случаја термоелектрана. *Актуелности* 41:7–18. doi:10.7251/AKT2241007S
- Ćirišan A, Podraččanin Z, Nikolić Bujanović LJ, Mrazovac Kurilić S, Ilić P (2023) Trend Analysis Application on Near Surface SO₂ Concentration Data from 2010 to 2020 in Serbia. *Water Air Soil Pollut.* 234:186. doi:10.1007/s11270-023-06111-3
- Ункашевић М (1998) Основне карактеристике концентрације озона и неопходност његовог мерења у атмосфери изнад Београда. *ECOLOGICA* 5(1):27-31
- Уредба о вриједностима квалитета ваздуха (Службени гласник Републике Српске, бр. 124/12)
- Farooqi ZUR, Ahmad I, Zeeshan N, Ilić P, Imran M, Saeed MF (2021) Urban noise assessment and its nonauditory health effects on the residents of Chiniot and Jhang, Punjab, Pakistan. *Environ. Sci. Pollut.* 28(39):54909–54921 doi:10.1007/s11356-021-14340-4
- Farooqi ZUR, Sabir M, Latif J, Aslam Z, Ahmad HR, Ahmad I, Imran M, Ilić P (2020) Assessment of noise pollution and its effects on human health in industrial hub of Pakistan. *Environ. Sci. Pollut.* 27(3):2819–2828. doi:10.1007/s11356-019-07105-7
- Heikkien MSA, Hjelmroos-Koski MK, Haggblom MM, Macher JM (2005) Bioaerosols. In: Ruzer LS, Harley NH, Editors. *Aerosols Handbook*. Boca Raton: CRC Press, 291–342
- Cheng M, Jiang H, Guo Z (2012) Evaluation of long-term tropospheric NO₂ columns and the effect of different ecosystem in Yangtze River Delta. *Procedia Environ. Sci.* 13:1045–1056. doi:10.1016/j.proenv.2012.01.098
- Čačković M, Šega K, Vađić V, Bešlić I, Šoljić Z (2001) Sezonski utjecaj na sadržaj kiselih komponenti u respirabilnoj frakciji lebdećih čestica u zraku. *Treći hrvatski znanstveno-stručni skup "Zaštita zraka01"*, str 255–260
- Weiner RF, Matthews RA (2003) *Environmental Engineering*. Fourth Edition, pp 1–484
- WHO (2009) WHO guidelines for indoor air quality: dampness and mould. Bonn. Доступно на: www.afro.who.int/publications/who-guidelines-indoor-air-quality-dampness-and-mould, Приступљено: 18. јула 2022

- WHO (2010) WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. Bonn.
Доступно на: www.who.int/publications/i/item/9789289002134,
Приступљено: 10. августа 2022
- WHO (2014) WHO guidelines for indoor air quality: household fuel combustion.
Доступно на: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/144309>, Приступљено:
18. јула 2022
- WHO (2017) World health statistics 2017, Monitoring health for the SDGs,
Sustainable Development Goals. Geneva, World Health Organization
- WHO (2020) Manifesto for a healthy recovery from COVID-19. Доступно на:
www.who.int/news-room/feature-stories/detail/who-manifesto-for-a-healthy-recovery-from-covid-19, Приступљено: 10. децембра 2022
- WHO (2021) WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM_{2.5} and PM₁₀),
ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide. Доступно на:
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345334/9789240034433-eng.pdf>, Приступљено: 18. јула 2022
- Yu MH, Tsunoda H, Tsunoda M (2016) Environmental toxicology: biological
and health effects of pollutants. CRC Press. Taylor & Francis Group, New York.
Доступно на: www.vfa-solutions.com/en/particulate-matter-how-small-is-it/,
Приступљено: 18. јула 2022

Evaluation of ambient air quality as a component of the environment

Predrag Ilić, Zoran P. Popović, Dragana Nešković Markić, Ljiljana Stojanović Bjelić, Zia Ur Rahman Farooqi

Summary

The problem of air pollution has been a challenge for modern humanity in recent times. The environment, including the air, is burdened by a large amount of pollutants that are released into the environment. The atmosphere contains primary and secondary pollutants, emitted as basic or specific pollutants.

Air pollution is present in industrial areas and larger cities, with the fact that there are no areas without any impact of air pollution. Air pollution is also present in the Republic of Srpska, as is the case in other areas.

Areas of increased pollution in Republic of Srpska, with high concentrations of pollution, can further worsen the impact on the population and lead to unwanted health effects.

Keywords: Air quality, air pollution, Republic of Srpska, environment

