Изложеност загађеном ваздуху – значај испитивања за здравствену заштиту

Маја Николић¹, Александра Станковић², Биљана Коцић³, Мирјана Аранђеловић⁴

Air Pollution Exposure – Importance of Investigations for Healthcare Protection

Maja Nikolić, Aleksandra Stanković, Biljana Kocić, Mirjana Arandjelović

Сажетак: Загађен ваздух је узрок многих здравствених проблема у развијеним и слабије развијеним земљама, што је доказано у бројним студијама које су рађене у свету и код нас. Циљ рада јесте да укаже на значај континуираног и стандардизованог испитивања изложености загађеном ваздуху, посебно у урбаним подручјима, како би се повећала ефикасност здравствене заштите и превентивно деловало. Загађен ваздух делује на скоро све органе и системе, а реакције појединца могу бити веома разноврсне, од најблажих до смртоносних. Детаљна историја болести је први корак у одговору на питање да ли пацијентове тегобе потичу од изложености загађујућим материјама у ваздуху. Едукација здравствених радника и размена искустава, уз доступност савремене научне и стручне литературе из ове области, неопходна је ради унапређења здравствене заштите и приближавања развијеном свету. Само користећи позитивна искуства, и уважавајући препоруке, протоколе и процедуре међународних релевантних организација, може се унапредити здравствена заштита у овој области.

Summary: Outdoor air pollution is a statistically significant but small contributor to many health problems in developed and less developed countries, as demonstrated in numerous studies all over the world. The aim of this paper is to highlight the importance of standardized and continuous investigations of exposure to air pollution, especially in urban areas, to maximize efficiency and quality of health care system. Air pollution affects almost all organs and systems, and individual reactions can be very diverse. A complete medical history that includes a targeted environmental exposure history is the first step in answering the question is this patient suffering as a result of an air pollution exposure. Education of health care professionals and exchange experiences, combined with targeted reviews of the scientific literature are essential factors in improving health care and convergence.

Key words: air pollution, health effects, health care.

- 1 Др сц. мед. Маја Николић, ванредни професор Медицинског факултета Универзитета у Нишу, на Катедри Социјална медицина и Хигијена са медицинском екологијом, лекар специјалиста хигијене, ужи специјалиста здравственог васпитања у Институту за јавно здравље у Нишу.
- 2 Др сц. мед. Александра Станковић, доцент Медицинског факултета Универзитета у Нишу на Катедри Социјална медицина и Хигијена са медицинском екологијом, лекар специјалиста хигијене, ужи специјалиста медицинске информатике у Институту за јавно здравље у Нишу.
- 3 Др сц. мед. Биљана Коцић, ванредни професор Медицинског факултета Универзитета у Нишу на предмету Епидемиологија, лекар специјалиста епидемиолог, ужи специјалиста здравственог васпитања у Институту за јавно здравље у Нишу.
- 4 Др сц. мед. Мирјана Аранђеловић, редовни професор Медицинског факултета Универзитета у Нишу на предмету Медицина рада, лекар специјалиста медицине рада, ужи специјалиста алергологије у Заводу за здравствену заштиту радника, Ниш.

Кључне речи: загађен ваздух, утицаји на здравље, здравствена заштита.

Последњих година утицај животне средине на здравље становништва посебно је био изражен преко загађеног ваздуха и квалитета воде, као и климатских промена. Проблем је мултидисциплинарног карактера, а када је реч о здравственој заштити, одговорност за контролу поменутих утицаја, поред специјалиста различитих дисциплина превентивне медицине (област јавног здравља), деле и други здравствени радници.

Људски организам не поседује ефикасне механизме одбране од штетних материја у ваздуху, тако да интересовање и забринутост за последице деловања загађеног ваздуха на здравље није новијег датума. Први прописи о контроли загађивања ваздуха димом донети су у Енглеској у XIII веку, а у другој половини XVI века Лондон је називан „црним градом“ због смога и запажено је да лондонска магла штетно делује на здравље. Почеком XVII века John Evelyn описао је изворе загађења ваздуха и предложио превентивне мере против аерозагађења. Магла и дим (енгл. смог) у Лондону су били почетком децембра 1952. године¹ тако густе да је за четири дана умрло око 4.000 особа (по некима и више). Спољашње аерозагађење и у 21. веку утиче на здравље грађана који живе у Лондону². Урбанизација наставља да се глобално шири и условљава све већу потрошњу енергије и повећање емисије из саобраћаја и индустријских извора. Као резултат тога, процењује се да преко две трећине данашње светске популације не дише чист ваздух³, а нису за потцењивање ни индиректни утицаји аерозагађења. Светска здравствена организација је проценила да годишње око два милиона људи умре од последица загађеног ваздуха.

Ваздух се сматра загађеним када садржи материје које својим присуством, концентрацијама или трајањем неповољно утиче на људе, живи свет и материјална добра⁴. Штетне материје у ваздуху могу бити физичког, хемијског и биолошког порекла и јављају се у сва три агрегатна стања.

Не постоје докази о повољном деловању загађеног ваздуха на здравље људи. Сва досадашња испитивања су потврдила да загађен ваздух штети живом свету и материјалним добрима, утиче на економију, доступност хране и воде и одрживи развој.

Последице деловања загађеног ваздуха на здравље могу бити различите јачине и трајања и зависе од врсте извора, дужине и интензитета експозиције, особина и понашања потенцијално изложене особе, као и од неких чинилаца околине. Поменути утицаји могу настати после акутне или хроничне изложености која условљава благе последице као што су иритација очију, носа и грла или много озбиљније појаве (егзацербација респираторних, кардиоваскуларних и других болести) које повећавају број посета здравственим установама, а могу довести и до смрти.

За здравствену заштиту су значајни подаци када треба очекивати повећано оптерећење здравствене службе. Тако је нпр. доказано је да^{5, 6} нивои сумпор-диоксида у ваздуху од $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ повећавају ризик од умирања за 2%, концентрације од $200\mu\text{g}/\text{m}^3$ за 4 до 6%, а свако даље повећање од $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ повећава ризик од умирања за 6%. Истраживање спроведено у 12 градова Европе доказало је да пораст концентрација сумпор-диоксида у ваздуху од $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ доводи до пораста укупног дневног морталитета за 3%⁶.

Доказана је и међузависност између пораста концентрација суспендованих честица у ваздуху пречника испод $10\mu\text{m}$ и посета здравственим установама, као и умирања. Уколико концентрација ових честица порасте за $10\mu\text{g}/\text{m}^3$, долази до повећања респираторног морбидитета за око 2,5%⁷. Испитани су укупан број посета здравственим установама због астме, бронхитиса, пнеумоније, хроничних опструктивних болести плућа и сл. Забележено је чешиће оболевање од пнеумоније, астме и свих респираторних обољења, као код већих просечних тродневних концентрација суспендованих честица, а ефекти су били већи у топлијим данима^{8, 9}.

Последице деловања загађеног ваздуха на здравље могу се проучавати експерименталним методама, епидемиолошким методама, као и математичким моделирањем.

Експериментална испитивања се обављају на животињама, на добровољцима или *in vitro* на ћелијама и углавном су корисна за тумачење механизма деловања штетних материја из ваздуха. Међутим, закључци из експеримента на животињама не могу се директно преносити на људе. Контролисани експерименти на добровољцима омогућавају испитивања физиолошког или биохемијског одговора на изложеност једном или комбинацији полутаната из ваздуха. Ова испитивања не укључују осетљиве појединце и популационе групе, већ се из етичких разлога увек раде само са здравим особама. Ова испитивања се користе само за процену блажих акутних и пролазних последица које се јављају након краткотрајне изложености ниским концентрацијама штетних материја из ваздуха. Експерименти на добровољцима не препоручују се за оцену последица деловања загађеног ваздуха које се јављају након дуготрајне изложености, као ни за утицаје који се ретко јављају.

Епидемиолошка испитивања дају најбоље доказе о штетним последицама загађења ваздуха на здравље. Могу се користити различити типови епидемиолошких студија, а изложеност се прати мерењем различитих полутаната у ваздуху. Најчешће се одређују нивои сумпор-диоксида, угљен-монооксида, озона, азотових оксида и суспендованих честица у ваздуху. Последице деловања загађеног ваздуха на здравље које су до сада испитиване веома су разноврсне акутне, хроничне, појединачне или збирне. У трансверзалним испитивањима изложеност и последице се прате истовремено, тако да није лако доказати да ли изложеност прати или претходи последицама. Лако се изводе и економичне су, те се и често користе. Кохортна испитивања дају вредније резултате и њима се лако одређује евентуални ризик за појаву одређених болести, али дуже трају и скупља су од трансверзалних епидемиолошких испитивања.

Ефекти краткотрајне изложености аерозагађењу испитивани су у студијама временских серија, кохортним студијама и панел студијама.

Према препорукама Светске здравствене организације (СЗО) препоручују се студије временских серија као најпоузданије студије за праћење акутних ефеката аерозагађења на људско здравље као што су умирање, хоспитализација, ургентне интервенције³. Код временских студија догађаји (број смртних случајева, број пријема у болницу, дневне концентрације загађујућих материја у ваздуху итд.) посматрају се свакодневно. Узимају се у обзир и други чиниоци који могу утицати на концентрацију загађујућих материја у ваздуху (температура и влажност ваздуха, ваздушни притисак, годишње доба, дан у недељи). При порасту просечних дневних концентрација сумпор-диоксида у ваздуху од $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ повећава се број пријема у хитну помоћ због ХОБП-а за 6% зими и 9% лети.

Панел студије су студије које прате дневне варијације у симптомима и другим маркерима егзацербације код оболелих у односу на дневне варијације концентрација загађујућих материја у амбијенталном ваздуху. Овај тип студија веома ретко је коришћен искључиво код оболелих од ХОБП-а, а чешће је обухватао болеснике са астмом. Higgins и сарадници¹⁰ утврдили су да је пораст интерквartilног опсега за PM_{10} од $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ доводио до погоршања ноћних симптома код пацијената са астмом ($\text{RR}=1,38$; $1,07-1,78$).

Здраве особе слабије реагују на епизоде повишених концентрација полутаната у ваздуху. Тако се код здравих симптоми јављају уколико су нивои сумпор-диоксида у ваздуху изнад $3.500\mu\text{g}/\text{m}^3$, изложеност непрекидно траје неколико сати и организам је физички у напору¹¹. Хронични болесници, труднице и деца су много осетљивији при наведеним концентрацијама и реагују јаким нападом кашља и гушењем¹².

Докази из епидемиолошких студија које су испитивале краткотрајну изложеност загађеном ваздуху користе се при утврђивању граничних вредности и стандарда за квалитет ваздуха, мада и уобичајене концентрације загађујућих материја у ваздуху могу бити удружене са штетним краткотрајним и дуготрајним здравственим ефектима, укључујући и значајан пораст укупног респираторног и кардиоваскуларног морталитета.

Процена здравствених ризика код дуготрајне изложености штетним материјама у ваздуху у релативно ниским концентрацијама је сложеније у односу на краткотрајну изложеност. Такође, недовољно се познају међусобне реакције између појединих компоненти. Процену утицаја на здравље ометају чиниоци као што су пушење, услови живота, фактори околине, миграције и други.

Међузависност умирања и нивоа аерополутаната, посебно PM_{10} (30 до $150\mu g/m^3$), доказана је у многим срединама¹², које се међусобно разликују по саставу честица и климатским условима (Philadelphia, St. Louis, Utah Valley, Santa Clara County, California). Укупни морталитет повећава се за 1% за сваких $10\mu g/m^3$ повећања PM_{10} , респираторни морталитет повећава се за 3,4%, а кардиоваскуларни морталитет повећава се за 1,4%. Посете здравственим установама повећавају се око 1% због респираторних симптома, а 2% до 3% због астме. Егзацербација астме повећава се за око 3%.

Деценијама уназад у Србији болести респираторног система су на првом месту уврђених обољења у амбулантно-диспанзерским службама примарне здравствене заштите. У Србији има око 300.000 оболелих од хроничне опструктивне болести плућа, а учешће ове болести у структури умирања се удвостручило, тако да данас представља по заступљености четврти узрок смрти становништва. Кардиоваскуларне болести, које су, такође, блиско повезане са загађеним ваздухом, водећи су узрок оболевања и умирања у Србији.

Испитивања штетног деловања загађеног ваздуха првобитно су рађена у радној средини, где су концентрације штетних материја у ваздуху високе, а здравствене последице очигледне, и биле су предмет интересовања специјалиста медицине рада¹³, а касније се почело са испитивањима деловања загађеног ваздуха у урбаним подручјима. Прва конитнуирана испитивања квалитета ваздуха почела су у Енглеској 1914. г. Код нас, у Србији, и у већини земаља Европе систематска мерења загађености ваздуха почела су шездесетих година прошлог века. Процес приступања Србије ЕУ подразумева и доношење прописа у области

заштите животне средине који су усклађени са европским законодавством.

Бројни литературни подаци указују да је загађен ваздух важан фактор ризика не само за респираторне, већ и многе друге болести, а последице деловања могу се јавити на скоро свим органима. Неки аерополутанти оштећују срце и крвне судове и стварају основу за хипертензију, аритмије и исхемијску болест срца¹⁴. Изложеност загађеном ваздуху ремети синтезу хема и еритропоезу, што доводи до анемије¹⁵. Јављају се и последице по репродуктивно здравље¹⁶ и неуролошки ефекти¹⁷. Примери краткотрајних ефеката аерозагађења су иритација очију, носа и грла и инфекције горњих респираторних органа, као што су бронхитис и упала плућа. Остали симптоми могу да укључују главобоље, мучнине и алергијске реакције. Дугорочни ефекти су хроничне респираторне болести, карциноми плућа и грла, оштећење нервног система, јетре или бубрега, имуносупресија. Аерозагађење показује и индиректне ефекте кроз оксидативни стрес и запаљенски одговор.

Ради ефикасног и квалитетног пружања здравствене заштите веома је битно препознати пацијента који пати због изложености загађеном ваздуху. У том контексту могу се испитивати симптоми, пратити лабораторијске неправилности, функционална оштећења или болест, али је најважније препознати благовремено пацијента и дефинисати патолошке промене. Посебна пажња треба да се обрати на вулнерабилне групе као што су деца¹⁸, старији¹⁹, хронични болесници^{20, 21}, труднице.

Праћење квалитета ваздуха ради се на локалном, националном и глобалном нивоу. У протекле три деценије развој прогноза квалитета ваздуха се значајно побољшао. Досадашњи параметри оцене стања квалитета ваздуха, тзв. граничне вредности имисије, замењују се једноставнијим за употребу индексима квалитета ваздуха^{22, 23}. У многим земљама индекс квалитета ваздуха (енгл. Air Quality Index) је саставни део свакодневне временске прогнозе и даје податке о дневном загађењу ваздуха и ефектима тог загађења на здравље. Ти извештаји омогућавају планирање свакодневних активности и бољи квалитет живота људи.

Индекс квалитета ваздуха многобројне и сложене информације о аерозагађењу своди на број који указује на ниво аерозагађења и краткотрајне здравствене ефекте који се очекују тог дана или неки дан касније. Индекс узима у обзир неколико аспеката укључујући забележене концентracије загађујућих материја, научне доказе из епидемиолошких и токсиколошких студија и др. У целом свету не постоји стандардизован систем за обезбеђивање информација о аерозагађењу.

Основно упутство за успостављање националних стандарда за различите загађујуће материје у ваздуху и процену ризика за здравље и животну средину јесу Смернице СЗО, које нису обавезујуће и које представљају концентracије појединачних полутаната испод којих излагање током живота или у датом просечном времену не утиче на здравље. Смернице се, углавном са изменама, инкорпорирају у законодавство појединих земаља као стандарди квалитета ваздуха. Краткотрајна прекорачења наведених концентрација не доводе увек до нежељених здравствених последица, иако ризик од тих последица расте. Такође, препоручене вредности не искључују апсолутно могућност појаве ефеката на здравље испод наведених концентрација. Уопште на популационом нивоу тешко је дефинисати границу за најчешће полутанте при којој се јављају ефекти²⁴.

Европска унија је кроз неколико Протокола и Директива поставила стандарде квалитета ваздуха, који важе за земље чланице и имају обавезујући карактер. У 1997. години ЕУ је усвојила Директиву 96/62/ЕС која даје нове основе за утврђивање строжијих стандарда за квалитет ваздуха у Европи, а све земље чланице усвојиле су ове стандарде до 2005. године.

У САД, Актом за чист ваздух утврђени су тзв. примарни стандарди који штите здравље људи и секундарни стандарди који штите животиње, вегетацију и јавна добра и спречавају смањену видљивост.

У нашој земљи Закон о заштити ваздуха је усвојен 2009. године, а Уредба о мониторингу и условима за квалитет ваздуха 2010. године, чиме је домаћа регулатива усклађена са ва-

жећом у ЕУ у овој области. Наведени позитивни законски прописи уводе мониторинг PM_{10} , и анализу тешких метала и бензо(а)пирена уместо укупних суспендованих честица, а припрема се и увођење $PM_{2.5}$ када то буде обавезно и у ЕУ.

Очекује се да у будућности мониторинг, прогноза и извештавање о аерозагађењу буду још прецизнији, и да се почне са употребом индивидуалних мерача изложености^{25, 26}. Индекс квалитета ваздуха и систем за узбуну ограничени су локацијом, простором и густином. У урбаним подручјима, прогноза се може унапредити повећањем броја мерних места, али само донекле. На пример, можемо очекивати већу употребу софистицираног мапирања инкорпорисано у систем узбуне. Податке са сајтова у будућности можемо очекивати у мобилним комуникационим уређајима. Очигледан пример је употреба smart phone технологије заједно са јефтиним сензорима аерозагађења.

Закључак

За здравствену заштиту је важно правилно дефинисати ризик од изложености загађеном ваздуху како би се последице смањиле. Фактори који утичу на изложеност јесу наслеђе, радно место, развијеност и доступност здравствене заштите, навике, лично окружење и др. Унапређење квалитета ваздуха у животној средини и имплементација нових стандарда представља важну могућност у превенцији не само респираторних, већ и других болести, како на индивидуалном, тако и на популационом нивоу.

Даљи развој и стандардизација метода за праћење квалитета ваздуха, као и трендова преваленције оболевања и морталитета болести које су повезане са загађеним ваздухом, битни су за одговарајуће планирање потреба и развоја здравствене заштите. Истраживање начина за смањење изложености загађеном ваздуху, посебно код вулнербилних група, такође је веома важно.

Здравствени ефекти аерозагађења имају велики значај за јавно здравље, због сталне изложености популације. Из овог разлога, жалбе пацијената и објективни знаци који могу бити

повезани са излагањем загађеним ваздухом треба узети озбиљно у свакодневној пракси. Комплетна медицинска историја која подразумева анамнезу изложености први је обавезни корак.

Едукација здравствених радника и преглед стручне и научне литературе у вези са деловањем аерозагађења на здравље веома су битни за налажење узрока болести и унапређење здравствене заштите.

Литература

1. Bell LM, Davis LD, Fletcher T: A Retrospective Assessment of Mortality from the London Smog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution. *Environ Health Perspect*, 2004; 112(1): 6-8.
2. Peacock JL, Anderson HR, Bremner SA, Marston L, Seemungal TA, Strachan DP, Wedzicha JA: Outdoor air pollution and respiratory health in patients with COPD. *Thorax*, 2011; 66: 591-596.
3. World Health Organization: Air Quality Guidelines; Global update 2005. Copenhagen, World Health Organization, Regional office for Europe, 2006.
4. Никић Д.: Аерозагађење и здравље. Београд, Желнид, 2003.
5. Katsouyanni K, Touloumi G, Spix C, Schwartz J, Balducci F, Medina S, Rossi G, Wojtyniak B, Sunyer J, Bacharova L, Schouten JP, Ponka A, Anderson HR: Short term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *BMJ*, 1997; 314: 1658-63.
6. Katsouyanni K, Samet JM, Anderson HR, Atkinson R, Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Touloumi G, Burnett RT, Krewski D, Ramsay T, Dominici F, Peng RD, Schwartz J, Zanobetti A: HEI Health Review Committee. Air pollution and health: a European and North American approach (APHENA). *Res Rep Health Eff Inst*, 2009; (142): 5-90.
7. Pope CA, Dockery DW: Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc*, 2006; 56(6): 709-42.
8. Wordley J, Walters S, Ayres JG: Short term variations in hospital admissions and mortality and particulate air pollution. *Occup Environ Med*, 1997; 54(2): 108-16.
9. Choudhury AH, Gordian ME, Morris SS: Associations between respiratory illness and PM10 air pollution: *Arch Environ Health*, 1997; 52(2): 113-117.
10. Higgins BG, Francis HC, Yates CJ, et al: Effects of air pollution on symptoms and peak expiratory flow measurements in subjects with obstructive airways disease. *Thorax*, 1995; 50: 149-55.
11. Goren A, Hellmann S, Gabbay Y, Brenner S: Respiratory problems associated with exposure to airborne particles in the community: *Arch Environ Health*, 1999; 54(3): 165-71.
12. Kundi M: Causaling and the interpretation of epidemiologic evidence. *Environ Health Perspect*, 2006; 114: 969-74.
13. Аранђеловић М, Радевић ЈБ, Тодоровић З, Лековић С: Промоција културе превентиве – Задатак медицине рада. *Свет рада*, 2009; 6(1): 25-42.
14. Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP). Cardiovascular disease and air pollution. 2006. Available from URL: <http://www.comeap.org.uk/images/stories/Documents/Reports/cvd%20report%202006.pdf>
15. Nikolić M., Nikić D., Stanković A.: Effects of air pollution on red blood cells in children. *Polish J Environ Stud*, 2008; 17(2): 267-271.
16. Станковић А., Митровић В., Живадиновић Р.: Утицај загађеног ваздуха на здравље трудница и исход трудноће: *Мед Прегл*, 2011; LXIV(5-6): 279-284.
17. Dales RE, Cakmak S, Vidal CB: Air pollution and hospitalization for headache in Chile. *Am. J. Epidemiol*, 2009; 170: 1057-66.
18. Никић Д.: Утицај аерозагађења на здравље деце у Нишу и Нишкој Бањи. *Војносанит Прегл*, 2005; 62(7-8): 537-542.
19. Николић М., Антић М., Коцић Б.: Социјални аспект фактора ризика за најчешће болести старијих жена: *Теме*, 2008; 4: 825-834.
20. Милутиновић С., Стошић ЈБ., Лазаревић К., Тадић ЈБ.: Аерозагађење и хронична опструктивна болест плућа. *Здравствена заштита*, 2011; 2: 51-57.
21. Sunyer J, Saez M, Murillo C, et al: Air pollution and emergency room admission for chronic obstructive pulmonary disease: a five-year study. *Am J Epidemiol*, 1993; 137: 701-5.
22. Committee on the Medical Effects of Air Pollutants (COMEAP). Review of the UK Air Quality Index. 2011. [Accessed 4 July 2011.] Available from URL: <http://www.comeap.org.uk/images/stories/Documents/Reports/comeap%20review%20of%20the%20uk%20air%20quality%20index.pdf>

23. Shooter D, Brimblecombe P: Air quality indexing. *Int. J. Environ. Pollut*, 2009; 36: 305–23.
24. Chen B, Kan H, Chen R, Jiang S, Hong C: Air pollution and health studies in China – policy implications. *J Air Waste Manag Assoc*, 2011; 61(11): 1292-9.
25. Peters A, Hoek G, Katsouyanni K: Understanding the link between environmental exposures and health: does the exposome promise too much? *J Epidemiol Community Health*, 2012; 66(2): 103-5.
26. Abelsohn A, Stieb D, Sanborn MD, Weir E: Identifying and managing adverse environmental health effects: 2. Outdoor air pollution. *CMAJ*, 2002; 166: 9.

Контакт: Маја Николић, Булевар Николе Тесле 21/1, 18000 Ниш, тел. 018-588-688; 064-213-4441; mani@junis.ni.ac.rs