

Едукативна брошура

ХЕМИЈСКО ЗАГАЂЕЊЕ ВАЗДУХА У ЗАТВОРЕНОМ ПРОСТОРУ И РИЗИК ЗА ЗДРАВЉЕ ДЈЕЦЕ

САДРЖАЈ

1. УВОД.....3
2. ЗАГАЂИВАЧИ ВАЗДУХА.....4
3. РАЊИВОСТ ДЈЕЦЕ.....11
4. ЛИТЕРАТУРА.....19

УВОД

Савјет Уједињених нација за људска права је 2022. године званично признао право на приступ чистој, здравој и одрживој животној средини. Чланови 24. и 29. Конвенције о правима дјетета укључују посебне мјере у односу на квалитет животне средине истичући да свако дијете има право на најбоље могуће здравље, укључујући право на безбједну воду за пиће и заштиту од нарушеног квалитета животне средине.

Упркос томе нарушен квалитет ваздуха је препознат као водећи фактор ризика по здравље дјеце у Европи и Централној Азији и био је одговоран за изгубљених више од 580.000 година здравог живота (DALYs) као резултат преране смрти и инвалидитета изазваних загађењем ваздуха код дјеце и тинејџера у 2021. години. Процјењује се да је у 23 земље и територије у Европи и Централној Азији због нарушеног квалитета ваздуха у 2021. години 6.441 дијете и тинејџер умрло од узрока који се могу приписати загађењу ваздуха у 2021. години. Једно од пет смртних случајева дојенчади у региону било је повезано са нарушеним квалитетом ваздуха. Већина ових смрти приписана је загађењу ваздуха финим честицама у амбијенту и домаћинствима (ПМ2,5).

Изложеност загађењу ваздуха ПМ2,5 повезана је са већим стопама побачаја, раног губитка фетуса, превременог порођаја и мале порођајне тежине. Загађивачи из ваздуха путују кроз плаценту, што значи да су плућа, мозак и други органи дјетета изложени штетним ефектима загађивача прије рођења. Ово утиче на когнитивни развој и повећава доживотни ризик од респираторних болести. Загађење ваздуха излаже труднице већем ризику од гестацијског дијабетеса, прееклампсије, гестацијске хипертензије и постпорођајне депресије.

Пошто дјеца удишу више ваздуха по килограму тјелесне тежине, апсорбују и више загађивача него одрасли. Дечији носни пролази су мање ефикасни у филтрирању загађивача и дјеца проводе више времена ближе тлу, па су више изложена загађивачима који седиментирају на тло. Њихово рано и често излагање загађењу ваздуха узрокује доживотне лоше здравствене и развојне посљедице. Фине честице загађења ваздуха <0,1μm могу прећи из плућа у крвоток одакле се транспортују до сваког органа у тијелу. Ове честице прелазе крвно-мождану баријеру и ометају развој мозга баш када дјечији мозак пролази кроз период брзог раста током првих година живота.

У 2024. и 2025. години ЈЗУ Институт за јавно здравство Републике Српске је уз подршку Канцеларије UNICEF-а у Босни и Херцеговини провео пилот истраживање у шест централних предшколских установа у шест географских подручја и четири подручне јединице са циљем испитивања квалитета микроклиматских услова у предшколским установама, са посебним освртом на утврђивање присуства честица PM2,5, PM10, CO2, те концентрација формалдехида и укупних испарљивих/волатилних органских спојева у ваздуху HCHO/TVOC (бензен, трихлоретан, толуен, етил-бензен и ксилен). Резулати истраживања су указали на потребу увођења годишњег мониторинга квалитета ваздуха у васпитно-образовним установама и едукација са циљем подизања свијести о значају унапређења квалитета ваздуха у затвореном простору и амбијенталног квалитета ваздуха. Пред вама се налази едукативни материјал који представља извод из едукативне брошуре Хемијско загађење ваздуха у затвореном простору и ризик за здравље дјеце. Вјерујемо да ће вам исти помоћи да унаприједите своје здравље, препознате ризике и покушате да их смањите на најмању могућу мјеру.



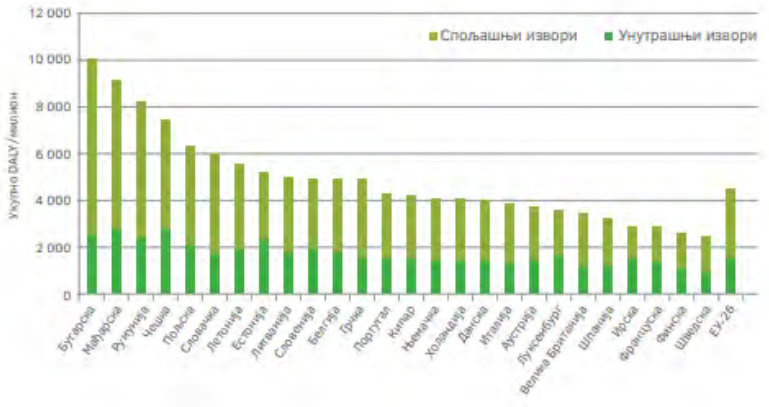
ЗАГАЂИВАЧИ ВАЗДУХА

ЗАГАЂИВАЧИ ВАЗДУХА



Главни извори хемијских загађивача у затвореном простору су грађевински материјали и грађевински производи, намјештај, пушење дувана и употреба средстава за чишћење домаћинства и других производа (на примјер, освјеживача ваздуха). Становници такође испуштају одређене хемикалије у затворено окружење кроз своје метаболичке процесе, употребу производа за личну његу и активности које се одвијају у затвореном простору. Употреба боја, љепила и других производа у дидактичке сврхе су међу важнијим изворима загађења у затвореним просторијама школских зграда. Према СЗО, око 3 милијарде људи у свијету и даље кува и гријe своје домове на чврста горива као што су отпадно дрво, дрвени угаљ, угаљ, балега и отпаци. Ово ствара велику количину загађивача ваздуха, укључујући сумпор-диоксид, азотне оксиде, угљен-моноксид, PM и канцерогених једињења. У Европском региону СЗО, проценат становништва које користи чврста горива за кување и гријање варира од 5% до 50% у различитим земљама.

УКУПАН ТЕРЕТ БОЛЕСТИ КАО DALY НА МИЛИОН СТАНОВНИКА ИЗ УНУТРАШЊЕ ИЗЛОЖЕНОСТИ У ЕУ26



Слика приказује укупан терет болести као DALY/милион становника од изложености у затвореним просторима у земљама ЕУ-26 са подјелом унутрашњих и спољашњих извора у грађевинском фонду 2010. године.

Сценариј изложености: PM2,5, биоаеросоли, VOC, угљеник моноксид, радон и влага.

(Reproduced without changes from Asikainen, A., Carrer, P., Kephalopoulos, S. et al. Reducing burden of disease from residential indoor air exposures in Europe (HEALTHVENT project). Environ Health 15, S35 (2016). HYPERLINK "https://doi.org/10.1186/s12940-016-0101-8" doi:10.1186/s12940-016-0101-8. License: HYPERLINK "https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/" CC BY 4.0)

Најважнији и најчешћи вањски извори загађивача ваздуха су моторизовани транспорт, сектор производње енергије, комерцијалне и институционалне зграде и куће, индустрија, грађевинарство, пољопривреда и управљање отпадом. Главни загађивачи на отвореном, укључујући азотне оксиде, сумпор-диоксид, озон, угљен-моноксид, угљоводонике и лебдеће ћелије различитих величина (PM), могу продријети у омотаче зграда, нарочито кроз прозоре и вентила- ционе системе. У ствари, и удаљеност од извора загађења и смјер вјетра играју кључну улогу у нивоу спољних загађивача који се налазе у затвореном простору. У близини главних путева, примјећено је нелинеарно оштро смањење концентрације загађујућих материја у првих 50– 100 метара од пута и мање смањење до око 300–500 метара од пута. Загађење ваздуха моторним транспортом може утицати на квалитет ваздуха у затвореном простору на удаљеностима од 15 до 375 метара када вјетар дува директно са пута.

Дим из електрана и пожари, чак и ублажени, и даље се могу идентификовати на удаљености од неколико десетина до неколико хиљада километара. Секундарни загађивачи, на примјер, озон, сулфат и нека испарива органска једињења (VOC) налазе се регионално.

ИЗВОРИ ЗАГАЂИВАЧА ВАЗДУХА У ЗАТВОРЕНОМ ПРОСТОРУ: **СПОЉАШЊИ ИЗВОРИ**



Моторни саобраћај

- Прометни путеви
- Паркинг (паркинг мјеста и држање аутомобила у леру)



Индустријске локације

- Електране
- Бензинске пумпе
- Мале радионице
- Одлагалишта отпада и депоније



Пољопривреда

- Употреба пестицида и агрохемикалија
- Стајско ђубриво



Други извори

- Мјеста за утовар/истовар (на примјер, супермаркети)
- Грађевински радови
- Канте за смеће
- Вентилациони одвод из других зграда

У зградама постоји много извора опасних загађујућих материја, укључујући грађевински материјал, намјештај, опрему, потрошачке производе, лабораторијске хемикалије и хемикалије које се користе за одржавање зграда (на примјер, производи за чишћење). На примјер, у једној студији обнова зидова у учионици била је повезана са повећањем нивоа етилбензена, ксилена и укупног бензена и толуена током једне године. У другој студији, нивои формалдехида били су исти као у учионицама које нису реновиране, али су нивои испарљивих органских једињења били виши одмах по завршетку радова. Ниво толуена је такође био изнад препоручене вриједности, а емисија из три врсте поливинилхлорида (PVC), линолеума, гуме и четири различите врсте љепила била је висока у првим данима након инсталације. Након 10 и 28 дана, стопа емисије се смањивала, али су емисије из неких PVC материјала и даље биле високе.

ИЗВОРИ ЗАГАЂИВАЧА ВАЗДУХА У ЗАТВОРЕНОМ ПРОСТОРУ: **УНУТРАШЊИ ИЗВОРИ (I)**



Грађевински материјал

- Премази
- Подови
- Врата
- Прозори



Опрема

- Рачунари
- Штампачи
- Интерактивне табле



Опремање

- Намјештај
- Заштите од сунца/ завјесе



Друго

- Кухиње/мензе
- Лабораторије
- Потрошачки произ-води

Пушење у затвореном простору доприноси значајном повећању концентрације угљен-моноксида, испарљивих органских једињења и суспендованих ћелија у затвореном простору. Дувански дим из околине је далеко доминантнији параметар који утиче на концентрацију лебдећих ћелија и BTEKS-a (садржи бензен, толуен, етилбензен и ксилен) у затвореном простору, далеко изнад удјела оближњих извора саобраћаја. Студија о карактеризацији нивоа суспен- дованих ћелија (PM) у затвореном простору пречника мањег од 10 μм (PM 10) показала је да је физичка активност ученика и рад у одјељењу у великој мјери допринијела емисији и/или ресуспендовању честица за које је константа да су присутне у већој количини у затвореном простору него на отвореном, осим у периоду када у том простору не бораве људи.

ИЗВОРИ ЗАГАЂИВАЧА ВАЗДУХА У ЗАТВОРЕНОМ ПРОСТОРУ: **УНУТРАШЊИ ИЗВОРИ (II)**



Дувански дим



Људи

- Мјеста на којима је гужва
- Активности (сликање, лабораторијски радо-ви итд.



Одржавање зграда

- Производи за чишћење
- Освјеживачи ваздуха итд.



Употреба инсектицида, дезинфекционих средстава

Већина постојећих студија показује виши ниво одређених загађујућих материја у школама и вртићима него ван њих. Ово се показало тачним за алдехиде (углавном за формалдехид, али и за ацеталдехид, пропионалдехид и бензалдехид), као и за PM10 и све VOC осим бензена. Концентрација угљеника, азот-диоксида и PM са пречником мањим од 2,5 μм (PM2,5) била је генерално већа на отвореном. Загађење ваздуха у затвореном простору такође може зависити од локације и климе земаља и других с тим повезаних фактора (грijање, провјетравање, из- градња зграда које штеде енергију, итд.) и услова током различитих годишњих доба.

ОДНОС УНУТРАШЊЕГ – СПОЉНОГ ВАЗДУХА

- У ваздуху у затвореном простору уочен је шири опсег загађујућих материја.
- Људи проводе више времена у затвореном простору него на отвореном.
- Концентрације одређених загађујућих материја су више у затвореном простору него на отвореном.

Спољашњи ваздух
више концентрације: угљеника, азот-диоксида и PM2,5.

Ваздух у затвореном простору
више концентрације: формалдехида, VOC и PM10.

Главни спољни извори опасних загађујућих материја, као што су возила, производња енергије, системи грijања зграда, спаљивање отпада и индустрија, налазе се у урбаним подручјима. Утврђене су разлике у нивоима загађења спољног ваздуха између руралних и урбаних подручја, с очекиваним већим загађењем у високо индустријализованим градовима.
Међутим, употреба чврстог горива за грijање, која је чешћа за рурална подручја, игра важну улогу у загађењу ваздуха у затвореним просторијама и може бити узрок већег загађења ваздуха у руралним подручјима током грејних сезона. Природна и механичка вентилација су од суштинског значаја за контролу квалитета ваздуха у затвореном простору: корелација између услова вентилације и квалитета ваздуха у затвореном простору забиљежена је у многим студијама. Ове корелације могу варирати у зависности од локације главног извора сваког загађивача (на отвореном, односно у затвореном), а када је у затвореном простору, од тога да ли је извор повезан са активношћу станара или континуираном емисијом.

ИЗВОРИ ЗАГАЂИВАЧА ВАЗДУХА У ЗАТВОРЕНОМ ПРОСТОРУ (I)

Хемијски извор хемикалија	
Спољашњи извори (класични загађивачи ваздуха на отвореном)	PM10 (PM 2,5 и PM10) Индустријске емисије, издувни гасови моторних возила, емисије из енергетске индустрије (угаљ, дрво итд.), пожари
	Азотни диоксид из моторних возила
	Озон из моторних возила
	Угљен-моноксид Непотпуно сагоријевање дрвета, бензина, угља, природног гаса и керозина; паркинг мјеста
Спољни извори (други загађивачи ваздуха)	Формалдехид Производња и употреба у индустрији, издувни систем моторних возила, електране, спаљивање отпада
	Нафтален Производња и употреба у индустрији, издувни систем моторних возила
	Бензол из издувних гасова моторних возила, бензинске пумпе, хемијска и индустрија челика, индустријска мјеста на којима се сагоревају угаљ, нафта или природни гас
	Полициклични ароматични угљоводоници (PAH) Издувни гасови моторних возила, индустрија, производња енергије, спаљивање отпада

ИЗВОРИ ЗАГАЂИВАЧА ВАЗДУХА У ЗАТВОРЕНОМ ПРОСТОРУ (II)

Хемијски извор хемикалија	
Унутрашњи извори	Бензен Грађевински и украсни материјали, намјештај, грijачи, разне људске активности, производи за чишћење, производи за широку потрошњу, канцеларијска опрема (ласерски штампачи, фотокопирни апарати), дувански дим из околине
	Формалдехидни - дрвни материјали (користе се као хемијски конзерванс, дезинфицијенси/ биоциди и компоненте лакова и љепака), тканина, штампани материјали, процеси сагоријевања, дувански дим из околине, освјеживачи ваздуха, секундарни хемијски процеси у ваздуху у затвореном простору (оксидација VOC, реакција између озона и алкена)
	Нафтален Производи широке потрошње (растварачи, мазива, спрејеви за косу, освјеживачи ваздуха), грijачи (углавном керозин), дувански дим из околине, гумени материјали, репеленти
	Азот- диоксид Дувански дим из околине, уређаји који сагоревају гас, дрво, уље, керозин или угаљ PAH
	Дувански дим из околине, уређаји који сагоријевају чврсто гориво

ИЗВОРИ ЗАГАЂИВАЧА ВАЗДУХА У ЗАТВОРЕНОМ ПРОСТОРУ (III)

Хемијски извор хемикалија	
Унутрашњи извори	Угљен моноксид Уређаји који сагоријевају фосилна горива и биомасу, околни дувански дим
	Лимонен -ароматизовани/мирисни адитиви у производима за домаћинство, производи за чишћење
	Трихлоретилен - боје (за дрво, лакови, мазива, љепкови)
	Тетрахлоретилен -потрошачки производи (љепкови, освјеживачи ваздуха, средства за уклањање мрља, средства за чишћење дрвета)
	Озон -канцеларијска опрема (рачунари, ласерски штампачи, фотокопирни апарати)

ГАСОВИТО СТАЊЕ И ЛЕБДЕЋЕ ЧЕСТИЦЕ

Загађивачи ваздуха у затвореном простору постоје у двије главне форме: гасовитој и у облику лебдећих честица. Загађивачи у гасовитом стању који су опасни по здравље људи укључују азотне оксиде, сумпор-диоксид, угљен-оксиде, озон и VOC. Хемикалије у форми честица укључују фталате, полуиспарљива органска једињења и неке полицикличне ароматичне угљоводонике, који могу бити присутни и у ваздуху и у талогу (прашина). PM, као што су PM10, PM2.5, PM1, ултрафине честице и угљеник, разликују се према својој величини, облику, саставу. Путеви излагања датом загађивачу разликују се у складу са одговарајућом фазом (фазама). Удисање је главни пут изложености гасовитим облицима загађивача. Могућ је и контакт са кожом. Уди- сање, контакт преко коже и, у неким условима, гутање (на примјер, појачано код дјеце због уобичајеног понашања стављања руку на уста) , могући су путеви излагања облицима честица.

Загађивачи у ваздуху у затвореном простору постоје у двије главне фазе: гасовитој и у облику лебдећих честица. Путеви излагања зависе од фазе.

- Лебдеће честице укључује PM10, PM2.5, ултрафине честице, угљеник, фталате и лакоиспарљива органска једињења (VOC).
- Гасовити облик укључује VOC, азотне оксиде, угљен-оксиде, сумпор-диоксид и озон



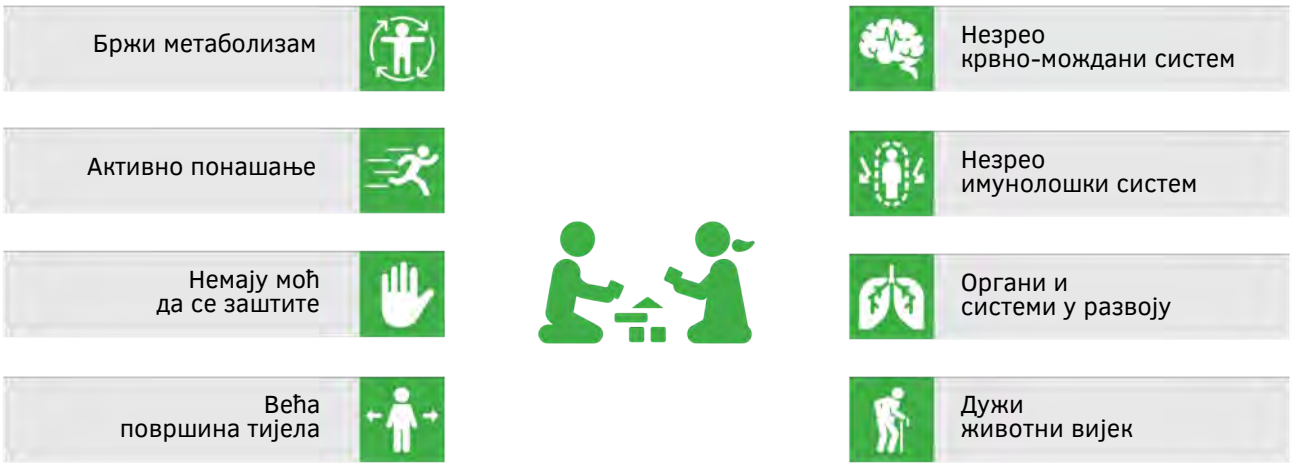


РАЊИВОСТ ДЈЕЦЕ

Дјеца су, у односу на одрасле, у већој опасности од многих штетних ефеката који су резултат излагања опасним хемијским загађивачима. Повећана рањивост резултат је комбинације физиолошких, биохемијских, бихевиоралних и друштвених карактеристика. Ова осјетљивост је посебно критична у раним фазама развоја када органи и системи још сазријевају. У ствари, дјеца имају већу површину плућа по килограму тјелесне тежине од одраслих, дишу брже од одраслих и стављају руке у уста, што су карактеристике које значајно потенцирају унос опасних загађујућих материја.

Након инхалационе изложености истим концентрацијама загађивача, коришћењем приступа физиолошког моделирања, утврђено је да су највеће концентрације високометаболизованих хемикалија у крви (на примјер, фуран) у крви код дјеце у старосним групама 6, 10 и 14 година веће од оних које су забиљежили одрасли за 1,5. У случају тако високо екстрахованих хемикалија, концентрација у крви је одређена количином ткива зависном од старости, брзине протока крви, брзине дисања и минутног волумена срца. Осим тога, дјеца се понашају веома активно што доводи до поновног суспендовања прашине и повећава брзину дисања и изложеност.

ДЈЕЦА НИСУ САМО МАЛЕ ОДРАСЛЕ ОСОБЕ: **КАРАКТЕРИСТИКЕ ДЈЕЦЕ**



Утицаји хемикалија на здравље зависе од њихових опасних својстава, али и од тога како се хемикалије деконтаминирају кроз биохемијске реакције у организмима и како се елиминишу - односно од токсикокинетике. Токсикокинетика и ткивна доза хемикалија могу се разликовати код одраслих и дјеце. Органи код дјеце расту како и дјеца расту. И код мушке и код женске дјеце збир ових органа је систематски нижи од тјелесне тежине и нижи у односу на одрасле. То може утицати на дејство хемикалија на дјецу, у поређењу са одраслима.

РАЗВОЈ РЕСПИРАТОРНОГ СИСТЕМА КОД ДЈЕЦЕ

Степен Године	**Дојенче** до 1 године	**Мало дијете** 1-4 године	**Старије дијете** 5-12 година	**Адо-лесцент** 12-18 година
Алвеоларни развој				
Капацитет плућа				
Раст плућа				

Код дјеце, честице се брже крећу кроз респираторни систем, омогућавајући им да брзо дођу до плућа, алвеола и крвотока.

- Плућа расту током дјетињства и адолесценције.
- Постнатални раст и сазријевање покрећу процеси гранања морфогенезе и алвеоларизације.
- Стопа дисања код дјеце је двоструко виша него код одраслих; тако дјеца удишу веће количине загађујућих материја.
- Стопа вентилације код дјеце је виша јер су физички активнија.
- Већа површина плућа по килограму тјелесне тежине може омогућити апсорпцију хемикалија.
- Ужи пролази дисајних путева доводе до иритације и упале од изложености која може довести до пропорционално веће опструкције.
- Изложеност загађивачима ваздуха може погоршати постојеће здравствено стање и изазвати додатне компликације.

Динамична интеракција између прогресивних и регресивних догађаја резултује релативно брзим растом мозга у прве двије године живота. До друге године, мозак је постигао 80% своје одрасле тежине; до пете године је постигао 90%. Међутим, значајно преобликовање сиве и бијеле материје наставља се у трећој деценији живота, а подручја попут кортекса асоцијације, који интегрише меморију, аудио-визуелне улазе и препознавање предмета, сазријевају касније. Најкасније сазријевају дијелови мозга повезани са сложеним одлучивањем, контролом импулса, провјером грешака и просуђивањем.

Ако је неуроразвој дјетета прекинут или оштећен загађивачима из животне средине и загађивачима ваздуха у затвореном простору, посљедице по здравље могу бити озбиљне. Ово може довести до бројних стања и симптома, укључујући когнитивно оштећење (нижи исходи когнитивних тестова), поремећаја пажње и поремећај из спектра аутизма, који се сви тешко дијагностикују и лијече и могу имати доживотни ефекат.

Имунолошки систем код дјеце је незрео. Појединачни молекули, ћелије или путеви урођеног препознавања и сигнализације унутар различитих одјељења/анатомских мјеста показују промјењиве обрасце сазријевања. Излагање опасностима из животне средине у раном узрасту може произвести значајну имунотоксичност, док се исти ефекти не виде увијек код одраслих. Посљедице раног излагања могле би укључивати повећану подложност заразним болестима и раку, повећан ризик од астме и атопије и повећан ризик од неких аутоимуних болести.

Докази указују на то да се очекивани исход изложености може разликовати у зависности од периода развоја имунолошког система када дође до излагања. Стога је развојни статус имунолошког система током опасности настале утицајем животне средине кључни фактор у одређивању вјероватног здравственог ризика.

Незаразне болести, које могу бити узроковане излагањем загађивачима ваздуха у затвореном простору, обично имају одложен почетак. Ово се односи на карцином, кардиоваскуларне болести и хроничне опструктивне плућне болести. Улагање у развој у раном дјетињству и заштита од токсичног стреса и опасне изложености загађивачима из животне средине на критичним тачкама развоја су међу најисплативијим политичким изборима који су на располагању владама. Максималан ефекат ће се постићи благовременим интервенцијама у раној животној доби када флексибилност дозвољава трајно смањење путање ризика.

На путању људског живота утичу генетско, епигенетско и интраутерино наслијеђе, изложеност животној средини и други фактори. Иако су насљедне особине важне, нова истраживања показују да стресори из животне средине током рањивих животних фаза играју кључну улогу у одређивању функционалног развоја и будућих ризика од болести.

Постоје двије главне групе фактора који одређују развој здравствених поремећаја повезаних са излагањем загађивачима ваздуха, укључујући опасне загађиваче ваздуха у затвореном простору. Једна група карактерише својства загађивача (различити циљни органи и токсичност) и карактеристике изложености (путеви, трајање и учесталост излагања). Загађивачи могу бити токсични за респираторне, имунолошке, кардиоваскуларне, неуролошке или крвне системе, на примјер. Стога ће ефекти на здравље зависити од специфичне токсичности хемикалија.

Дјеца немају моћ да утичу на одлуке како би се заштитила.

Обично ће већа концентрација загађивача представљати повећану вјероватноћу развоја здравствених поремећаја; међутим, постоје докази да многи хемијски загађивачи могу изазвати штетне ефекте чак и при ниским концентрацијама. Осим тога, што је дужа изложеност загађивачу, већа је вјероватноћа развоја здравствених поремећаја. Дјелујући заједно, штетне хемикалије које коегзистирају у смјеси којој је појединац изложен могу показати адитивне, си- нергистичке или антагонистичке ефекте. Друга главна група фактора односи се на карактеристике индивидуалног организма које одређују подложност стресорима из околине. То укључује старост, пол, здравствено стање, генетику и начин живота.

ЕФЕКТИ КРАТКОРОЧНЕ И ДУГОРОЧНЕ ИЗЛОЖЕНОСТИ

Краткорочна изложеност:

- Главобоља
- Умор
- Кратак дах
- Запушеност синуса
- Кашаљ
- Кијавица
- Вртоглавица
- Астматични напади
- Мучнина
- Иритација очију, носа, грла и коже

Дуготрајна изложеност:

- Алергије
- Астма и друге респираторне болести
- Карцином

Симптоми и болести узроковани краткотрајном и дуготрајном изложеношћу загађивачима ваздуха у затвореном простору се разликују. Неки могу бити неповратни и одредити здравствено стање појединца током живота. И краткорочни и дугорочни ефекти повезани су са измјереном или процијењеном концентрацијом загађивача ваздуха у затвореном простору.

Најчешћи здравствени ефекти загађења ваздуха у затвореном простору су респираторни, неуролошки, иритативни, имунолошки.

Поремећаји респираторног система повезани са загађењем ваздуха у затвореном простору у јавним установама за дјецу укључују иритацију, промјену у функцији плућа, астму, инфекцију доњих дисајних путева (укључујући тешку акутну инфекцију доњих дисајних путева), хронични бронхитис и, касније у животу, карцином и поремећаје хроничне опструктивне плућне боле- сти. Преваленца хроничног бронхитиса и астматичних симптома, акутних инфекција ниског респираторног тракта, повећан ниво упале плућа и смањена функције плућа - мјерено као принудни витални капацитет (FVC) и волумен прислиног експиратора у првој секунди (FEV1) - већа је код дјеце у школама са повећаним нивоом загађења ваздуха у затвореном простору у поређењу са дјецом у школама са нижим степеном загађења. Остали ефекти укључују неуро- лошке и имунолошке поремећаје, повећан ризик од кардиоваскуларних болести и канцероге- незу касније у животу.
Постоје докази о повезаности између концентрације одређених хемикалија и PM у ваздуху у затвореном простору у школама и различитих врста здравствених поремећаја код дјеце, укључујући доле наведене примјере.

- Проходност носа је значајно нижа код ученика школског узраста изложених концентрацијама PM10 већим од 50 μg/m3 него код оних изложених нижим нивоима.
- Утврђена је негативна повезаност између протока ваздуха у плућима ученика и

  формалдехида у ваздуху.

Формалдехид у учионицама је значајно повезан са сухоћом грла, назалном алергијом и ринорејом код дјеце.

- Етилбензен, m-, p-ксилен и o-ксилен у ваздуху у затвореном простору показали су значајне негативне корелације са форсираним виталним капацитетом (FVC) и принудним издисајним волуменом у првој секунди (FEV1), који су кључни показатељи функције плућа.
- Бензен, нафтален, лимонен, трихлоретилен и тетрахлоретилен повезани су са симптомима иритације и назалном алергијом код дјеце.
- Концентрације VOC-а су повезане са хроничним симптомима дисајних путева.
- Азотни диоксид је повезан са иритативним кашљем и нападима астме.
- Озон у учионицама је повезан са грлобољом и иритативним кашљем код дјеце.

Брз пораст учесталости алергијских респираторних болести (алергијска астма, алергијски ринитис) посљедњих деценија не може се објаснити генетским факторима. Алергијске болести су чешће међу урбаним становништвом, а све више доказа упућује на то да загађење ваздуха може допринијети развоју алергијских болести. Осјетљивост на алергене може се повећати у присуству одређених загађивача ваздуха. С тим у вези, и загађивачи ваздуха у затвореном и на отвореном могу изазвати упалу дисајних путева, повећавајући тако озбиљност алергије и астме.

Многе публикације истичу способност загађивача да модулирају имунолошки одговор. Удисање PM и гасовитих загађивача утиче и на урођени и на адаптивни одбрамбени систем плућа. Осим тога, промјене изазване загађивачима у препознавању патогена у рецепторима могу допринијети повећаној осјетљивости и озбиљности вирусних инфекција, као и развоју болести дисајних путева, попут астме.

Неуролошки развој (пролиферација, миграција, диференцијација, мијелинизација неурона, синаптогенеза и регулисана апоптоза) протеже се од ембрионалног периода до адолесценције. Овај период је критичан развојни оквир када загађење ваздуха може дјеловати токсично на неуроразвој. Највише неуротоксичних хемикалија међу загађивачима ваздуха су одређени VOC и PAH.

Утврђено је да су VOC у школама фактори ризика за симптоме синдрома болесних зграда, као што су главобоља и умор. Изложеност PAH-у, посебно бензо [a] пирену, у школском окружењу током предшколског узраста повезана је са неуролошким промјенама (на основу процјене магнетне резонанце (MRI) и праћења квалитета ваздуха), што игра кључну улогу у многим когнитивним процесима и процесима понашања. Дјеца из школа у подручјима са озбиљним загађењем ваздуха изазваним азотним диоксидом и PM10 из саобраћаја показала су значајно лошије резултате на тестовима неуробихевиоралног понашања. Дјеца из високо загађених школа такође су показала значајно мањи раст когнитивног развоја.

Мање се зна о повезаности између загађења ваздуха и **промјена кардиоваскуларних параметара** код дјеце; међутим, окружење домова и школа може допринијети развоју дугорочних здравствених ефеката код дјеце. На примјер, хипертензија касније у животу повезана је са повећањем крвног притиска у раном добу због загађења ваздуха.

Све већа количина података указује на то да изложеност загађености ваздуха у раној животној доби може допринијети каснијим болестима, укључујући карцином; међутим, механизми који то објашњавају још нису потпуно јасни. Бензен, трихлоретилен и формалдехид је Међународна агенција за истраживање рака (IARC) класификовала као познате **хумане канцерогене** на основу доказа из епидемиолошких студија и података на животињама, док су стирен и тетрахлоретилен класификовани као могући или вјероватни карциногени за људе.

Ризик од настанка карцинома:

- Четири хемикалије које се обично налазе у ваздуху у затвореном простору познате су као хумани карциногени: бензен, трихлоретилен, формалдехид и бензо (а) пирен.
- Двије друге хемикалије - стирен и тетра-хлороетилен класификоване су као могући или вјероватни хумани канцерогени.

Посљедњих година објављује се све већи број студија које се односе на неколико врста изложености загађивачима ваздуха у школама и процјени ризика од настанка карцинома на основу референтних нивоа специфичних за децу. Према процјенама здравственог ризика, формалдехид је највећи загађивач са високим нивоом хроничног токсичног и карциногеног ризика, а слиједе их нафтален, бензен и толуен због хроничних ефеката. Бензен је токсичан за коштану срж и повезан је са разним хематолошким карциномима. Формалдехид може изазвати карцином носа и леукемију. Међу PAH-овима који се обично налазе у ваздуху у затвореном простору, бензо [a] пирен је класификован као познати хумани карциноген, а нафтален као могући карциноген. Они могу изазвати канцере, првенствено у плућима, кожи, бешици, јетри и желуцу.

СИМПТОМИ ПОВЕЗАНИ СА ИЗЛОЖЕНОШЋУ ЗАГАЂИВАЧИМА ВАЗДУХА У ЗАТВОРЕНОМ ПРОСТОРУ (I)

Загађивач	Симптоми изложености	
	Дјеца школског узраста	Дјеца вртићког узраста
Формалдехид	Иритација коже и лица, зачепљен нос, суви кашаљ ноћу (излагање дуже од 12 мјесеци)	Сува уста, алергијски ринитис (излагање дуже од 12 мјесеци), осип који сврби (излагање дуже од 6 мјесеци), екцем
Бензен	Иритација коже, екцем	Алергијски ринитис, иритација, грлобоља, екцем
Нафтален	Свраб коже, умор, лоше расположење (недостатак енергије)	-
Лимонен	Иритација коже, ринитис, зачепљен нос, бол у грлу, надражујући кашаљ, грозница, екцем, мучнина, умор и лоше расположење (недостатак енергије), иритација ока (излагање дуже од 12 мјесеци)	-

СИМПТОМИ ПОВЕЗАНИ СА ИЗЛОЖЕНОШЋУ ЗАГАЂИВАЧИМА ВАЗДУХА У ЗАТВОРЕНОМ ПРОСТОРУ (II)

Загађивач	Симптоми изложености	
	Дјеца школског узраста	Дјеца вртићког узраста
Трихлоретилен	Осип и свраб коже, иритација и отицање очију, главобоља, бол у грлу, умор, грозница	Иритација ока, алергијски ринитис, отежано дисање (излагање дуже од 12 мјесеци)
Тетрахлоретилен	Свраб коже, грлобоља, отежано дисање (излагање дуже од 30 дана), алергијски ринитис (излагање дуже од 12 мјесеци)	Бол у грлу
Азот диоксид	Свраб коже, осип на лицу, екцем, грозница	Надражујући кашаљ
Озон	Осјећај умора и депресије, отежано дисање, зачепљење носа, алергијски ринитис (изложеност дужа од 12 мјесеци), осип који сврби (изложеност дужа од 6 мјесеци), астматични напади	Бол у грлу, надражујући кашаљ

У наредној студији случаја, истраживачи су узели у обзир податке из унакрсне анализе 815 дјеце школског узраста из 20 школа у Португалу. Они су процијењивали симптоме путем упитника и вршили клиничку процјену. Мјерили су концентрације 13 VOC-ова и 2 алдехида идентификованих као хемикалије које ометају ендокрини систем (EDC) у 71 учионици током једне недеље. Тим је користио анализу главних компоненти (PCA) за процјену ефекта заједничке изложености и процијенио асоцијације регресионим коефицијентима користећи линеарне и логистичке моделе регресије.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chemical pollution of indoor air and its risk for children's health: educational course: supplementary publication to the screening tool for assessment of health risks from combined exposure to multiple chemicals in indoor air in public settings for children. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
2. UNICEF. Breathless beginnings: policies to protect children from air pollution in Europe and Central Asia. UNICEF Europe and Central Asia Regional Office Routes des Morillons 4, CH-1211, Geneva, 202
https://www.unicef.org/eca/media/39606/file/Breathless_Beginnings_2024_Update.pdf4.
3. Institute of Health Metrics and Evaluation, Global Burden of Disease 2021 (https://www.healthdata.org/research-analysis/gbd).
4. State of Global Air 2024 https://www.stateofglobalair.org/resources/report/state-global-air-report-2024
5. McDuffie et al., "Source sector and fuel contributions to ambient PM2.5 and attributable mortality across multiple spatial scales". Nat Commun. 2021 Jun 14;12(1):3594. doi: 10.1038/s41467-021-23853-y.

ИЗДАВАЧ

Институт за јавно здравство Републике Српске

УРЕДНИШТВО

Џејна Милаковић-Рамадани, *главни и одговорни уредник*
Ђорђе Вујчић, *графичка припрема*

ФОТОГРАФИЈЕ/ИЛУСТРАЦИЈЕ

Свјетска здравствена организација (WHO)
freepik
pexels

ЛЕКТОР

Марина Новковић

Брошура је сажетак публикације ***EDUCATIONAL COURSE, CHEMICAL POLLUTION OF INDOOR AIR AND ITS RISK FOR CHILDREN'S HEALTH, World Health Organisation, Regional Office for Europe.***

Исту у цјелости, можете преузети на сљедећем линку, на енглеском језику
https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/341984/9789289055628-eng.pdf

Брошуре су настале у оквиру пројекта ***„Експертска мрежа за хемикалије у здравтсву и јачање свијести о хемикалијама"*** (*Establishing the Chemicals and health network and raising awareness on chemicals*), спонзор **Свјетска здравствена организација**.

Извод из едукативне брошуре Хемијско загађење ваздуха у затвореном простору и ризик за здравље дјеце, која предствља сажетак публикације *EDUCATIONAL COURSE, CHEMICAL POLLUTION OF INDOOR AIR AND ITS RISK FOR CHILDREN'S HEALTH*, *World Health Organisation, Regional Office for Europe.*
Материјал се користи у сврху едукације у оквиру пројекта „Истраживање параметара микроклиматских услова и квалитета ваздуха у васпитно-образовним установама у Републици Српској".