

**OCENA VPLIVA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z DELCI PM_{2,5}
NA UMRLJIVOST V KRAJIH S PREKOMERNO
ONESNAŽENIM ZRAKOM**
OPAZOVALNO OBDOBJE ZA OCENO: 2016 - 2018

Naslov naloge: OCENA VPLIVA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z DELCI PM_{2,5} NA
UMRLJIVOST V KRAJIH S PREKOMERNO ONESNAŽENIM
ZRAKOM
OPAZOVALNO OBDOBJE ZA OCENO: 2016 – 2018

Odgovorna oseba za izvedbo
naloge: Andrej Uršič, univ. dipl. biol.

Pri izvedbi naloge so sodelovali: Prim. mag. Simona Uršič, dr. med., specialistka higijene in
javnega zdravja
Peter Otorepec, dr. med., specialist higijene in MDPŠ

Datum poročila: 16. 12.2019

VSEBINA

POVZETEK	4
UVOD	5
NAMEN IN CILJI.....	5
IZHODIŠČA	6
DELCI KOT ONESNAŽEVALCI ZRAKA.....	6
ONESNAŽENOST ZRAKA Z DELCI V SLOVENIJI v LETU 2017	8
VPLIVI DELCEV NA ZDRAVJE.....	9
METODE DELA.....	10
REZULTATI	14
DEJANSKA UMRLJIVOST	14
OCENA ZMANJŠANJA CELOTNE UMRLJIVOSTI.....	14
OCENA SPREMEMB V PRIČAKOVANI ŽIVLJENJSKI DOBI	16
OCENA ZMANJŠANJA UMRLJIVOSTI ZARADI BOLEZNI SRCA IN ŽILJA.....	17
UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK.....	18
UGOTOVITVE.....	18
ZAKLJUČEK	18
LITERATURA.....	18

POVZETEK

Onesnažen zrak velja za najpomembnejši javno zdravstveni problem povezan z onesnaževanjem okolja. Epidemiološke raziskave dokazujejo, da lahko onesnažen zrak pomembno vpliva na zdravje ljudi. Še posebej to velja za onesnaženost zraka z delci PM.

V glavnem vse opravljene epidemiološke študije kažejo na povezavo med izpostavljenostjo PM₁₀ in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi srca in ožilja ter dihal. Delci povzročajo poslabšanje obstoječih boleznih dihal (npr. KOPB), ob dolgotrajnem delovanju pa kronično vnetno reakcijo, ki povzroči zmanjšanje pljučne funkcije ter druge bolezni pljuč. Izpostavljenost povečanim koncentracijam delcev dokazano povečuje tveganje za pojav pljučnega raka. Pri otrocih dolgotrajna izpostavljenost veča verjetnost za nastanek astme in ostalih alergijskih bolezni, vnetij ušes in grla, ter povzroča upad pljučnih funkcij.

Učinek delcev na srčno žilne bolezni je močnejši kot na bolezni dihal. Delci povzročajo motnje srčnega ritma in srčni infarkt. Dolgotrajna izpostavljenost delcem povzroča in pospešuje tudi razvoj arterioskleroze.

Oksidativni stres in vnetje, povzročena z delci, ki se razširita po celotnem telesu in povzročita poslabšanje obstoječih akutnih in kroničnih boleznih dihal ter srca in obtočil, na osnovi novejših raziskav povezujejo tudi z nastankom nekaterih boleznih živčevja (Parkinsonova bolezen, Alzheimerjeva bolezen) in presnovnih bolezni (sladkorna bolezen tip 2).

Namen in cilj naloge je oceniti, koliko onesnaženost zraka z delci v krajih s prekomerno onesnaženim zrakom vpliva na celotno umrljivost in umrljivost zaradi kardiovaskularnih bolezni in opozoriti, koliko bi se v teh krajih podaljšala življenjska doba, če bi se onesnaženost zraka z delci zmanjšala.

Pri oceni posledic prekomerne onesnaženosti zraka z delci za zdravje ljudi smo se osredotočili na vpliv dolgotrajne izpostavljenosti onesnaženosti zraka s PM_{2,5} na celotno umrljivost in na umrljivost zaradi srčno žilnih bolezni. Za izdelavo ocene smo uporabili temu namenjeno orodje - matematični model, ki je bil v ta namen izdelan v okviru evropskega raziskovalnega projekta APHECOM. Model na osnovi podatkov o dejanski stopnji onesnaženosti zraka, dejanskih podatkov o celotni umrljivosti in umrljivosti zaradi srčno žilnih bolezni ter z epidemiološkimi raziskavami pridobljenih podatkov o stopnji relativnega tveganja za umrljivost zaradi izpostavljenosti onesnaženemu zraku izračuna specifično stopnjo umrljivosti za obravnavano območje onesnaženosti.

Izračune z omenjenim matematičnim modelom smo izdelali za naslednje slovenske kraje: Celje, Hrastnik, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto, Trbovlje in Zagorje ob Savi (kraji z uradno prepoznano prekomerno onesnaženostjo zraka z delci PM₁₀) ter za Koper, Novo Gorico in Velenje (ostali večji slovenski kraji z meritvami onesnaženosti zraka, kjer glede na rezultate meritev zrak z delci PM₁₀ ni prekomerno onesnažen).

Rezultati pridobljeni z matematičnim modelom nakazujejo, da bi že zmanjšane sedanje stopnje onesnaženosti zraka s PM_{2,5} za 5 µg (scenarij 1) v vseh slovenskih krajih z delci prekomerno onesnaženim zrakom pomembno vplivalo na stopnjo celotne umrljivosti in na stopnjo umrljivosti zaradi bolezni srca in ožilja. Če bi se onesnaženost zraka s PM_{2,5} v vseh teh krajih zmanjšala na 10 µg (scenarij 2), bi bili pozitivni učinki še mnogo večji.

Ocenjeno zmanjšanje celotne standardizirane umrljivosti se v pogojih scenarija 1 za opazovalno obdobje 2016-2018 giblje med 52 (Hrastnik) in 31 (Kranj, Velenje), v pogojih scenarija 2 pa med 95 (Zagorje) in 23 (Velenje) manj prezgodnjih smrti na 100.000 prebivalcev.

Ocenjeno zmanjšanje standardizirane umrljivosti za boleznimi srca in ožilja se v pogojih scenarija 1 za opazovalno obdobje 2016-2018 giblje med 38 (Murska Sobota) in 20 (Kranj), v pogojih scenarija 2 pa med 72 (Zagorje) in 18 (Velenje, Koper) manj prezgodnjih smrti na 100.000 prebivalcev.

UVOD

Onesnažen zrak velja za najpomembnejši javno zdravstveni problem povezan z onesnaževanjem okolja. Predstavlja tveganje za zdravje, ki se mu vsaj v urbanem okolju praktično ni možno izogniti. V Evropi je okoli 90 odstotkov mestnega prebivalstva izpostavljenega prekomernim vrednostim delcev, dušikovih oksidov, ozona in benzena v zunanjem zraku.

Epidemiološke raziskave dokazujejo, da lahko onesnažen zrak pomembno vpliva na zdravje ljudi. Na osnovi rezultatov teh raziskav so ocenili, da v Evropi vsako leto od 40.000 do 130.000 ljudi umre za posledicami izpostavljenosti onesnaženemu zraku, ki ga povzroča promet. V Franciji, Švici in Avstriji so ugotovili, da lahko šest odstotkov vseh smrti letno pripišejo izpostavljenosti onesnaženemu zraku, kar je dvakrat več kot je žrtev prometnih nesreč. Ocene o številu obolelih in prezgodaj umrlih za posledicami izpostavljenosti onesnaženemu zraku so podcenjene, saj temeljijo na rezultatih študij, v katerih so preučevali le kratkotrajne učinke onesnaženja. Če upoštevamo dolgotrajno izpostavljenost nižjim koncentracijam onesnaževal, so te številke še večje.

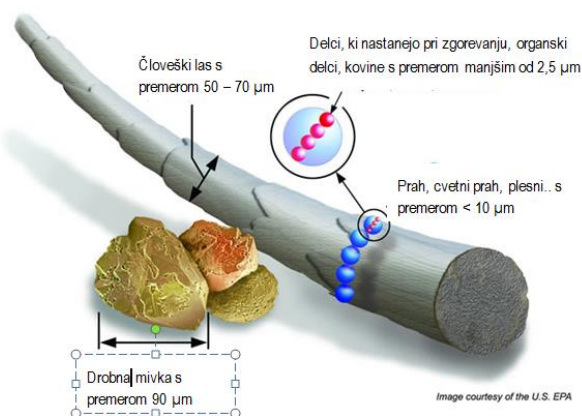
Med najpomembnejšimi oblikami onesnaženosti zraka, ki imajo pomemben vpliv na zdravje ljudi je onesnaženost zraka z delci. Z zmanjšanjem tovrstne onesnaženosti bi lahko pomembno zmanjšali umrljivost povezano z onesnaženostjo zraka.

NAMEN IN CILJI

Namen in cilj naloge je oceniti, koliko onesnaženost zraka z delci v krajih s prekomerno onesnaženim zrakom vpliva na celotno umrljivost in na umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja ter opozoriti, za koliko bi se pri prebivalcih teh krajev življenjska doba podaljšala, če bi se onesnaženost zraka z delci zmanjšala.

DELICI KOT ONESNAŽEVALCI ZRAKA

Onesnaženost zraka z delci, ki jih označujemo z oznako PM (iz angleščine Particulate Matter), opisuje onesnaženost zraka z mešanico trdnih delcev in kapljic, ki je prisotna v zraku. Nekateri delci kot npr. prah, umazanija, saje ali dim so dovolj veliki ali dovolj temni, da jih lahko vidimo s prostim očesom, spet drugi so tako majhni, da jih lahko vidimo le z elektronskim mikroskopom.



Slika 1: Velikost delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v primerjavi s človeškim lasom in drobci mivke¹

Delci so po obliki in sestavi zelo različni. Nastanejo lahko iz stotin različnih kemikalij. Nekateri, t.i. primarni delci, prehajajo v ozračje neposredno iz virov njihovega nastanka kot npr. iz gradbišč, neasfaltiranih poti, asfaltiranih cest, polj, dimnikov, itd. Drugi, t.i. sekundarni delci, nastajajo v atmosferi v zapletenih reakcijah različnih kemičnih snovi kot npr. žveplovega dioksida in dušikovih oksidov, ki se izpuščajo v ozračje iz termoelektrarn, različnih kurišč, industrije in iz prometa. V veliki večini delcev je glavna komponenta ogljik, na katerega se lahko vežejo številne primesi.

Analiza virov PM₁₀ kaže, da je v Sloveniji izvor onesnaženja z delci večinoma cestni promet, predvsem v prometno bolj obremenjenih urbanih središčih (Ljubljanska kotlina), v slabo prevetrenih kotlinah so vzrok onesnaženja tudi izpusti iz kurilnih naprav ter industrijskih virov (Zasavska in Celjska kotlina).

Velikost delcev običajno opisujemo z njihovim t.i. »aerodinamičnim premerom«, ki je definiran kot premer okroglega delca z gostoto 1 g/cm³. Delci enake oblike a z različno gostoto imajo različen aerodinamični premer. Za potrebe spremljanja onesnaženosti zraka delce glede na aerodinamični premer največkrat delimo v štiri skupine: PM₁₀ so delci s premerom manjšim od 10 μm , PM_{2,5} so delci s premerom manjšim od 2,5 μm , PM_{1,0} so delci s premerom manjšim od 1,0 μm , UFP (Ultra Fine Particles) pa so delci s premerom manjšim od 0,1 μm .

Velikost delcev je neposredno povezana z vplivi na zdravje, saj pogojuje mesto njihovega delovanja v organizmu.

Delci, večji od 10 μm , se zadržijo v zgornjih dihalnih poteh (nos, obnosne votline). Delci, manjši od 10 μm , dosežejo spodnje dihalne poti, delci, manjši od 2,5 μm , prodrejo v pljučne mešičke. Iz pljučnih mešičkov lahko vstopajo v krvni obtok in s krvjo v različna tkiva in organe v telesu, kjer povzročijo vnetje. Ultra fini delci (premer pod 0,1 μm) lahko v nosno žrelnem prostoru vstopijo prek vohalnega živca v možgane.

Podatek o onesnaženosti zraka podan npr. s koncentracijo PM₁₀ je informacija o masi delcev v določenem volumnu zraka, ki zajema maso vseh delcev manjših od 10 μm in ne samo delce v velikostnem razredu med 2,5 in 10 μm . Na splošno velja, da je v frakciji PM₁₀ približno 70 odstotkov mase delcev, ki so manjši od 2,5 μm . Podobno podatek o onesnaženosti zraka podan s koncentracijo PM_{2,5} zajema maso vseh delcev, ki so manjši od 2,5 μm .

¹ Vir: EPA. Six Common Pollutants. Particulate Matter - Basic Information. URL: <http://www.epa.gov/airquality/particlepollution/basic.html>, datum ogleda: 22. 7. 2014

Onesnaženost zraka z delci PM opisujemo z masno koncentracijo – maso delcev na določen volumen zraka ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka). UFP delci pa so premajhni za meritev njihove mase, zato njihovo koncentracijo opisujemo z njihovim številom na določen volumen zraka (t.i. koncentracija števila delcev, Particle Number Concentration, PNC).

Mejne vrednosti delcev so predpisane v Uredbi o kakovosti zunanjega zraka (Uradni list RS, št. 9/11, 8/15 in 66/18). Za delce PM_{10} sta predpisani dnevna in letna mejna vrednost. Dnevna mejna vrednost, ki znaša $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (kot 24 urno povprečje), ne sme biti presežena več kot 35-krat v koledarskem letu. Letna mejna vrednost znaša $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabela 1).

Kot podpora ukrepom za doseganje ustrezne kakovosti zraka (za varovanje zdravja ljudi), veljajo tudi Smernice za kakovost zraka Svetovne zdravstvene organizacije (dalje: SZO), ki temeljijo na obsežni zbirki znanstvenih dokazov v zvezi z onesnaževanjem zraka in njegovimi posledicami za zdravje. Na podlagi znanih učinkov na zdravje smernice SZO priporočajo nižjo mejno letno povprečno vrednost in sicer za PM_{10} $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ter za $\text{PM}_{2,5}$ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabela 1: Mejne in ciljne vrednosti za delce PM v zraku

Onesnaževalo	Čas merjenja	Vrednost	Opomba
PM_{10} , mejna vrednost	1 dan	$50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Dopustno je 35 preseganj v koledarskem letu
PM_{10} , mejna vrednost	Koledarsko leto	$40 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
$\text{PM}_{2,5}$, mejna vrednost	Koledarsko leto	$25 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Datum do katerega je potrebno doseči mejno vrednost je 1.1.2015
$\text{PM}_{2,5}$, mejna vrednost*	Koledarsko leto	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Datum do katerega je potrebno doseči mejno vrednost je 1.1.2020
$\text{PM}_{2,5}$, obveznost glede stopnje izpostavljenosti*	Triletno povprečje	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	2015
$\text{PM}_{2,5}$, ciljno zmanjšanje izpostavljenosti	0-20 % zmanjšanje izpostavljenosti glede na kazalnik povprečne izpostavljenosti za leto 2010		

*Stopnja 2-okvirna mejna vrednost, ki jo mora Komisija leta 2013 preveriti ob upoštevanju drugih informacij o učinkih ciljne vrednosti na zdravje in okolje, informacij o njeni tehnični izvedljivosti in informacij o izkušnjah z njo v državah članicah.

ONESNAŽENOST ZRAKA Z DELCI V SLOVENIJI V LETU 2017²

Onesnaženost zraka z delci PM₁₀ je bila v letu 2018 v povprečju nižja kot leto poprej. Ravni delcev so namreč močno odvisne od vremenskih razmer, ki so bile v letu 2018 zelo ugodne. Odsotnost dolgotrajnih temperaturnih obratov v zimskem obdobju je omogočila boljše razredčevanje izpustov. Kljub temu je vsota prekoračitev v letu 2018 na šestih merilnih mestih (Zagorje (55), Ljubljana Center (51), Murska Sobota Cankarjeva (46), Celje Mariborska (45), Celje Gaji (43) in Trbovlje (37)) presegla število 35, ki je še dopustno za celo leto. V letu 2017 je bilo takih merilnih mest deset. Do večine vseh preseganj je prišlo v zimskih mesecih. V zimskih mesecih imajo na povišane ravni delcev znaten vpliv izpusti zaradi izgorevanja biomase v individualnih kuriščih. Kurjenje drv v zastarelih pečeh in kotlih tako predstavlja največji delež pri izpustih delcev. Dodatno so za hladno obdobje leta značilni tudi neugodni meteorološki pogoji, ko se ob temperaturnih obratih onesnažen zrak zadržuje v kotlinah in dolinah.

Letna mejna vrednost za delce PM₁₀ ni bila presežena na nobenem merilnem mestu.

V tabeli 2 so prikazani trendi onesnaženosti v obdobju med 2002 in 2018, ki kažejo, da so zadnja leta izmerjene zelo podobne ravni delcev PM₁₀. Medletna nihanja ravni PM₁₀ so, kot je bilo že omenjeno, predvsem posledica različnih meteoroloških razmer v posameznem letu. Kljub temu je v obdobju od leta 2005 naprej, predvsem na urbanih lokacijah, opazen trend zmanjševanja ravni delcev. Ocenjujemo, da je to predvsem posledica zmanjševanja izpustov industrije. Na kmetijsko-podeželskih merilnih mestih ni opaznega večjega trenda v zmanjševanju.

Tabela 2 Letno število preseganj dnevne mejne vrednosti PM₁₀. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je napisano s krepko pisavo.²

Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
LJ Bežigrad	36	64	71	70	47	46	36	30	43	63	27	22	19	43	36	30	28	
LJ Biotehniška	/	/	/	/	/	/	/	25	32	51	21	24	12	35	40	32	16	
LJ Center	/	/	/	/	/	/	101	112	74	94	107	74	55	85	66	51	51	
LJ Gospodarsko	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	39	20
Maribor	66	129	102	101	108	91	54	35	47	64	34	36	25	34	43	35	30	
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	37	55	27	28	12	17	27	28	13	
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	60	69	45	49	22	40	41	33	31	
Celje	58	100	62	97	59	48	37	42	58	73	55	51	41	70	53	49	35	
CE Mariborska	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	57	45
Trbovlje	52	88	48	157	86	81	72	48	64	68	65	50	33	50	38	39	37	
Zagorje	48	79	82	143	106	99	109	56	68	75	62	48	38	70	51	46	55	
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	30	51	17	15	10	22	25	19	11	
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	11	8	15	9	10	19	2	
MS Rakičan	33	58	19	65	54	37	42	30	52	71	44	38	33	47	42	44	34	
MS Cankarjeva	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	46	
Nova Gorica	24	18	33	37	47	40	33	24	25	28	19	12	19	24	15	24	6	
NG Grčna	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	21	5
Koper	/	/	/	/	40	19	11	2	15	21	23	10	16	28	11	18	4	
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	29	79	44	37	3	6	19	9	5	
Iskrba	/	/	/	5	5	0	0	5	5	3	1	0	0	0	0	3	2	
Morsko	/	/	/	/	/	18	16	14	5	13	10	3	8	7	6	6	3	
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	16	24	16	13	18	11	5	11	10	3	7	3	
MB Vrbanski	/	/	/	/	/	/	/	/	/	25	8	7	10	3	21	21	12	
Vnajnarje	/	/	/	/	20	10	7	2	12	8	3	0	1	2	8	/	/	
Pesje	/	17	11	23	24	14	9	12	10	16	2	6	12	9	8	20	3	
Škale	/	4	8	15	19	11	12	13	12	20	9	0	5	0	1	9	3	
CE Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	35	41	76	45	39	43	
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	0	0	3	14	4	
Miklavž	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	45	39	35	
Ptuj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	38	25	
Ruše	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	17	15
MB Tabor	38	42	51	111	132	94	52	24	38	/	/	/	/	/	/	/	/	
Prapretno	/	/	19	15	33	36	25	20	29	49	25	3	2	0	1	/	/	
Medvode	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7	
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0	/	/	/	
Dobovec	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1	0	0	/	/	/	

² Povzeto iz poročila Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2018, Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana 2019

VPLIVI DELCEV NA ZDRAVJE

Delci vstopajo v telo preko dihal. V dihalih sprožijo oksidativni stres in vnetje, večjo odzivnost dihal, kašelj in oteženo dihanje. Povzročijo poslabšanje obstoječih akutnih in kroničnih boleznih dihal (npr. kronične obstruktivne pljučne bolezni (KOPB) ali astme). Pri dolgotrajni izpostavljenosti kronična vnetna reakcija povzroči trajne okvare pljučnega parenhima oziroma zmanjšanje pljučne funkcije. Izpostavljenost povečanim koncentracijam delcev dokazano povečuje tveganje za pojav pljučnega raka, Mednarodna agencija za raziskave raka (IARC) uvršča delce, ki so posledica gorenja fosilnih goriv, z aerodinamskim premerom do 10 μm (PM_{10}) v 1. skupino, to je med dokazano rakotvorne snovi za ljudi. Pri otrocih dolgotrajna izpostavljenost veča verjetnost za nastanek astme in ostalih alergijskih boleznih, vnetij ušes in grla, ter povzroča upad pljučnih funkcij.

Učinek delcev na bolezni srca in žilja je močnejši kot na bolezni dihal. Mediatorji vnetnega/oksidativnega stresa, ki se prične v pljučih, se razširijo v sistemski krvni obtok. Posledice v krvi so med drugim večja viskoznost, nastanek krvnih strdkov, zvišan krvni tlak, kar lahko vodi v nastanek možganske kapi. Zaradi stimulacije avtonomnega živčevja v pljučih se poveča delovanje simpatikusa. Delci povzročajo motnje srčnega ritma in srčni infarkt. Dolgotrajna izpostavljenost delcem povzroča in pospešuje tudi razvoj arterioskleroze.

Oksidativni stres in vnetje, povzročena z delci, ki se razširita po celotnem telesu in povzročita poslabšanje obstoječih akutnih in kroničnih boleznih dihal ter srca in žilja, na osnovi novejših raziskav povezujejo tudi z nastankom nekaterih boleznih živčevja (Parkinsonova bolezen, Alzheimerjeva bolezen) in presnovnih boleznih (sladkorna bolezen tip 2).

Iz epidemioloških študij je razvidno, da je negativni učinek PM_{10} na zdravje odvisen od koncentracije delcev in od časa izpostavljenosti.

Epidemiološke študije kažejo na povezavo med kratkotrajno izpostavljenostjo $\text{PM}_{2,5}$ in PM_{10} ter povečano stopnjo umrljivosti predvsem bolnikov z obstoječo boleznijo dihal ali srca in žilja.

Dolgotrajna stalna izpostavljenost ima neprimerno večji vpliv na zdravje kot občasna kratkotrajna izpostavljenost večjim koncentracijam PM_{10} . V glavnem vse opravljene epidemiološke študije kažejo na povezavo med izpostavljenostjo PM_{10} in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi srca in žilja in dihal. Povezava je v vseh pomembnih študijah statistično značilna, pri tem so upoštevane begave spremenljivke.

Iz študij je prav tako razvidno, da je odnos med dolgotrajno izpostavljenostjo PM_{10} in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi pljuč ter srca in žilja linearen. Delci v zraku večajo umrljivost za boleznimi dihal, srca in žilja, kar je v skladu z mehanizmom delovanja. Življenje v okolju s PM_{10} poveča tveganje za umrljivost za boleznimi dihal in boleznimi srca in žilja, tveganje se poveča za 1,01 za vsakih 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, zato kakršnokoli zmanjšanje delcev v ozračju predstavlja pomembno izboljšanje za zdravje prebivalcev.

METODE DELA

Pri oceni posledic prekomerne onesnaženosti zraka z delci za zdravje ljudi smo se osredotočili na vpliv dolgotrajne izpostavljenosti onesnaženosti zraka s $PM_{2,5}$ na celotno umrljivost in na umrljivost zaradi bolezni srca in žilja. Za izdelavo ocene smo uporabili temu namenjeno orodje - matematični model, ki je bil v ta namen izdelan v okviru evropskega raziskovalnega projekta APHECOM³. Model na osnovi podatkov o dejanski stopnji onesnaženosti zraka, dejanskih podatkov o celotni umrljivosti in umrljivosti zaradi bolezni srca in žilja ter z epidemiološkimi raziskavami pridobljenih podatkov o stopnji relativnega tveganja za umrljivost zaradi izpostavljenosti onesnaženemu zraku (Tabela 3) izračuna specifično stopnjo umrljivosti za obravnavano območje onesnaženosti.

Tabela 3: Stopnja relativnega tveganja (RR) za splošno in srčno-žilno-umrljivost zaradi izpostavljenosti onesnaženemu zraku s $PM_{2,5}$, v koncentraciji, ki jo model upošteva v izračunu.

Onesnaževalo	Indikator	RR za 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$			Referenca
		Spodnji	srednji	zgornji	
PM2.5	Celotna umrljivost	1,02	1,06	1,11	Pope in sod. , 2002
	Srčno žilna umrljivost	1,08	1,12	1,15	Pope and al, 2004

V modelnih izračunih so bile upoštevanje osebe od svojega 30 leta starosti dalje.

V modelnem izračunu smo upoštevali dva scenarija in sicer:

- Scenarij 1: Obstoječa letna povprečna onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ se zmanjša **za** 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
- Scenarij 2: Obstoječa letna povprečna onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ se zmanjša **na** 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

V skladu z metodologijo modela smo modeliranje izvedli s podatki za triletno obdobje in sicer za leta 2016, 2017 in 2018.

V izračunih za oceno posledic prekomerne onesnaženosti zraka z delci $PM_{2,5}$ za zdravje ljudi smo uporabili naslednje podatke:

- Podatke o številu prebivalcev v starostnih skupinah 30-34, 35-39 ..., 80-84, 85 in več, za vsako občino v obravnavi za leto 2018 na dan 31. 12. 2018 (Tabela 4)
- Podatke o dnevni povprečni onesnaženosti zraka z delci PM_{10} za triletno obdobje 2016 - 2019, ki smo jih s pomočjo standardnega korekcijskega faktorja 0,7 za vsak dan posebej pretvorili v stopnjo onesnaženosti z delci $PM_{2,5}$ za vsako občino v obravnavi (dosegljivo pri avtorjih prispevka). Uporabili smo podatke iz merilnih postaj v okviru Državne mreže za kakovost zraka (dalje: DMKZ). Merilne postaje DMKZ za meritve onesnaženosti zraka s PM_{10} so v vseh obravnavanih mestih. Izračunane letne povprečne vrednosti $PM_{2,5}$ za kraje v obravnavi prikazuje tabela (Tabela 5)
- Podatke o umrljivosti in umrljivosti za srčno žilne bolezni v starostnih skupinah 30-34, , 35-39 ..., 80-84, 85 in več, prav tako za vsako obravnavano občino posebej, za leta v obravnavi.

³ Aphekom. Closing gaps in understanding the impact of air pollution on health. URL: <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/home;jsessionid=07092644707B0793566935C9135AF070>

Tabela 4: Število prebivalcev po posameznih starostnih skupinah v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju na dan 31. 12. 2018 in primerjava na leto 2017

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	3.458	575	3.904	20.415	7.269	1.127	2.645	1.090	1.069	41.552	3.421	1.813	2.500
35-39 let	3.920	627	4.285	22.972	7.946	1.319	2.801	1.137	1.213	46.220	4.107	2.293	2.491
40-44 let	3.944	599	4.297	21.758	7.679	1.469	2.657	1.098	1.166	44.667	4.183	2.503	2.460
45-49 let	3.395	591	3.996	19.572	7.334	1.374	2.552	962	1.105	40.881	3.729	2.317	2.090
50-54 let	3.831	735	3.966	20.109	8.012	1.404	2.757	1.268	1.248	43.330	3.744	2.324	2.512
55-59 let	3.690	854	3.886	18.611	8.019	1.376	2.572	1.379	1.303	41.690	3.636	2.244	2.775
60-64 let	3.602	794	3.620	18.395	7.938	1.489	2.378	1.385	1.225	40.826	3.774	2.285	2.789
65-69 let	3.033	648	3.205	17.118	7.511	1.441	1.997	1.137	1.028	37.118	3.392	2.316	2.139
70-74 let	2.259	454	2.367	12.174	5.720	1.077	1.400	831	682	26.964	2.239	1.373	1.334
75-79 let	1.959	415	2.122	10.755	4.993	840	1.425	732	652	23.893	2.011	1.467	1.069
80-84 let	1.410	279	1.625	8.270	3.588	577	978	435	459	17.621	1.529	1.069	747
85-in več	1.222	268	1.315	7.872	3.291	496	799	446	465	16.174	1.304	995	473
Skupaj vse starostne skupine	35.723	6.839	38.588	198.021	79.300	13.989	24.961	11.900	11.615	420.936	37.069	22.999	23.379
% preb. v starosti > 30 let	72	74	69	68	72	75	68	74	70	69,8	72	73	71
Skupaj vsi prebivalci občine	49.538	9.191	55.795	289.832	110.513	18.752	36.769	16.041	16.476	602.907	51.828	31.691	32.959

Leto 2017:

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
Skupaj vse starostne skupine	35.489	6.831	38.606	196.770	79.185	14.006	24.673	11.930	11.591	419.081	36.740	22.951	23.156
% preb. v starosti > 30 let	71,9	74,2	68,9	68,3	71,7	74,3	67,7	73,9	70,0	69,7	71,1	72,2	70,5
Skupaj vsi prebivalci občine	49.376	9.210	56.047	288.250	110.461	18.858	36.435	16.149	16.566	601.352	51.641	31.780	32.848

Tabela 5: Letne povprečne vrednosti PM_{2,5} (µg/m³) za slovenske kraje s prekomerno onesnaženim zrakom ter Koper, Novo Gorico in Velenje za leta 2016, 2017 in 2018 (Izračunano iz dnevni povprečnih vrednosti za PM₁₀, korekcijski faktor 0,7).

Kraj	LETO			Triletno povprečje*	
	2016	2017	2018	2016-2018	2015-2017
Celje	22,11	20,85	19,18	20,93	21,85
Hrastnik	15,55	15,84	15,15	15,51	16,10
Kranj	16,27	17,87	15,67	16,59	17,34
Ljubljana	17,11	17,27	18,72	17,72	18,01
Maribor	19,09	19,30	19,52	19,30	19,35
Murska Sobota	18,38	20,15	18,13	18,88	19,84
Novo mesto	18,35	18,86	18,36	18,52	19,09
Trbovlje	18,04	20,43	18,82	19,07	19,56
Zagorje ob Savi	20,52	20,42	22,59	21,18	21,04
Koper	13,51	13,92	12,88	13,43	14,60
Nova Gorica	14,99	15,84	14,12	14,98	15,81
Velenje	13,34	14,38	13,59	13,87	14,38

* Vhodni podatek za izračun scenarijev 1 in 2

Tabela 6: Skupno število umrlih zaradi vseh vzrokov smrti (ICD-9 kode: 000–999, ICD-10 kode: A00–Y98) po posameznih starostnih skupinah v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju obdobju 2016 - 2018.

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	6	2	4	23	11	2	3	1	2	54	8	4	4
35-39 let	10	2	4	43	22	4	9	4	3	101	9	3	3
40-44 let	5	1	17	64	23	8	4	6	2	130	13	14	4
45-49 let	16	4	21	71	54	8	10	7	5	196	21	14	13
50-54 let	49	10	36	182	104	15	27	16	9	448	29	18	21
55-59 let	51	13	51	245	149	18	39	41	22	629	46	38	47
60-64 let	100	24	76	454	253	50	65	49	33	1.104	79	59	52
65-69 let	118	30	98	586	321	64	68	44	41	1.370	127	79	73
70-74 let	141	42	120	647	355	66	82	64	52	1.569	106	79	76
75-79 let	155	45	167	800	505	79	137	75	60	2.023	187	123	119
80-84 let	214	66	217	1.119	735	117	197	100	77	2.842	247	163	147
85-in več	461	132	435	2.680	1.428	241	341	190	217	6.125	498	398	196
Skupaj 2016-18	1.326	371	1.246	6.914	3.960	672	982	597	523	16.591	1.370	992	755
Skupaj 2015-17	1.288	370	1.199	6.740	3.967	674	958	604	523	16.323	1.289	1.037	800

Tabela 7: Skupno število umrlih zaradi srčno žilnih bolezni (ICD-9 kode: 390-459, ICD-10 kode: I00-I99) po posameznih starostnih skupinah v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju v obdobju 2016 - 2018.

Starostna skupina	CE	HR	KR	LJ	MB	MS	NM	TR	ZA	Skupaj CE-ZA	KP	NG	VE
30-34 let	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0
35-39 let	1	0	0	4	4	1	0	0	1	11	0	0	1
40-44 let	0	0	1	6	3	1	0	2	0	13	1	1	1
45-49 let	5	0	2	8	13	1	3	1	0	33	4	2	3
50-54 let	15	2	5	30	24	0	3	2	3	84	2	6	4
55-59 let	12	3	6	31	18	2	3	4	3	82	7	10	7
60-64 let	23	5	11	72	49	11	14	10	8	203	15	15	9
65-69 let	27	3	18	101	85	14	19	8	7	282	26	15	25
70-74 let	34	14	22	136	96	26	21	19	17	385	24	20	22
75-79 let	56	10	53	217	179	34	38	19	27	633	66	48	49
80-84 let	101	27	80	404	325	61	87	37	28	1.150	101	59	65
85-in več	254	74	212	1.471	795	135	190	102	117	3.350	279	218	108
Skupaj 2016-18	528	138	410	2.481	1.591	286	378	204	211	6.227	527	394	294
Skupaj 2015-17	505	147	420	2.469	1.648	301	383	211	205	6.271	530	419	300

REZULTATI

DEJANSKA UMRLJIVOST

Iz tabele (Tabela 8) je razvidno, da je bila v opazovalnem obdobju 2016-2018 celotna umrljivost, standardizirana na 100.000 prebivalcev, najvišja v Hrastniku, sledijo Trbovlje, Maribor, Murska Sobota, in Zagorje, kjer se je umrljivost gibala med 1808 (Hrastnik) in 1501 (Zagorje). V spodnji polovici razpredelnice so Nova Gorica, Novo mesto, Celje, Ljubljana, Koper, Velenje in Kranj, kjer se je umrljivost gibala med 1438 (Nova Gorica) in 1076 (Kranj in Velenje). Pomembnejših razlik med opazovanim obdobjem 2015-2017 in 2016-2018 ni bilo.

Vrstni red obravnavanih krajev glede na umrljivost zaradi bolezni srca in žilja se nekoliko razlikuje od prej opisanega, skupine krajev v zgornji in spodnji polovici razpredelnice pa se pomembneje ne spreminjajo. Umrljivost zaradi bolezni srca in žilja standardizirana na 100.000 prebivalcev je bila v opazovalnem obdobju 2016-2018 najvišja v Murski Soboti, sledijo Hrastnik, Maribor, Zagorje, Trbovlje in Nova Gorica ter Novo mesto, kjer se je umrljivost gibala med 681 (Murska Sobota) in 505 (Novo mesto). V spodnji polovici razpredelnice so Celje, Kranj, Ljubljana, Koper, in Velenje, kjer se je umrljivost zaradi bolezni srca in žilja gibala med 493 (Celje) in 354 (Kranj). Tudi pri umrljivosti zaradi bolezni srca in žilja pomembnejših razlik med opazovanim obdobjem 2015-2017 in 2016-2018 ni bilo (Tabela 8).

Tabela 8: Letno povprečno število umrlih in letna stopnja umrljivosti na 100.000 prebivalcev za celotno umrljivost in umrljivost zaradi bolezni srca in žilja v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju, obdobje 2016–2018 s primerjavo na obdobje 2015-2017.

Kraj	Celotna umrljivost				Srčno žilna umrljivost			
	ICD-9: 000–999, ICD-10: A00-Y98				ICD-9: 390-459, ICD-10: I00-I99			
	Povprečno letno število umrlih		Umrljivost na 100.000 preb.		Povprečno letno število umrlih		Umrljivost na 100.000 preb.	
Opaz. obdobje	15-17	16-18	15-17	16-18	15-17	16-18	15-17	16-18
Celje	429	442	1210	1237	168	176	474	493
Hrastnik	123	124	1805	1808	49	46	717	673
Kranj	400	415	1035	1076	140	137	363	354
Ljubljana	2247	2305	1142	1164	817	827	415	418
Maribor	1322	1320	1670	1665	549	530	694	669
Murska Sobota	225	224	1604	1601	100	95	716	681
Novo mesto	319	327	1294	1311	128	126	517	505
Trbovlje	201	199	1688	1672	70	68	590	571
Zagorje ob Savi	174	174	1504	1501	68	70	590	606
Koper	430	457	1169	1232	177	176	481	474
Nova Gorica	346	331	1506	1438	140	131	609	571
Velenje	267	252	1136	1076	100	98	436	419

OCENA ZMANJŠANJA CELOTNE UMRLJIVOSTI

V primeru, da bi se uresničil scenarij 1, to je zmanjšane onesnaženosti zraka s PM_{2,5} za 5 µg/m³ zraka, bi bil učinek ukrepa glede na celotno umrljivost standardizirano na 100.000 prebivalcev največji v Hrastniku, Trbovljah, Mariboru, Murski Soboti, Zagorju in Novi Gorici. S pomočjo matematičnega modela ocenjeni pozitivni učinek ukrepa se v prej navedenih krajih giblje med 52 (Hrastnik) in 41 (Nova Gorica) prežgodaj umrlih na 100.000 prebivalcev. V spodnji polovici razpredelnice so Novo Mesto,

Celje, Koper, Ljubljana, Velenje in Kranj, kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 38 (Novo mesto) in 31 (Kranj, Velenje) prezgodaj umrlimi na 100.000 prebivalcev (Tabela 9). Ocena temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2016-2018. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2015-2017 pomembnejših razlik v oceni zmanjšanja umrljivosti ni.

V primeru, da bi se uresničil scenarij 2, to je, da bi se obstoječa letna povprečna onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ zmanjšala na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pa ocena učinka ukrepa ponudi precej drugačno razporeditev krajev kot v zgoraj opisanem primeru. Učinek ukrepa glede na celotno umrljivost standardizirano na 100.000 prebivalcev bi bil največji v Zagorju, Mariboru, Trbovljah, Murski Soboti, Celju, Novem mestu in Hrastniku, kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 95 (Zagorje) in 57 (Hrastnik) prezgodaj umrlih na 100.000 prebivalcev. V spodnji polovici razpredelnice pa so Ljubljana, Nova Gorica, Kranj, Koper in Velenje kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 51 (Ljubljana) in 23 (Velenje) prezgodnjih smrti na 100.000 prebivalcev na leto (Tabela 9). Ocena zmanjšanja umrljivosti temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2016-2018. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2015-2017 pomembnejših razlik v oceni zmanjšanja umrljivosti ni.

Tabela 9: Ocena števila prezgodaj umrlih v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju, če bi se onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ zmanjšala za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oziroma na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, glede na stanje onesnaženosti zraka v obdobju 2016 – 2018 s primerjavo na obdobje 2015-2017.

Kraj	Scenarij 1: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$				Scenarij 2: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Ocena dejanskega zmanjšanja števila prezgodaj umrlih		Ocena zmanjšanja števila prezgodaj umrlih na 100.000 preb.		Ocena dejanskega zmanjšanja števila prezgodaj umrlih		Ocena zmanjšanja števila prezgodaj umrlih na 100.000 preb.	
	15-17	16-18	15-17	16-18	15-17	16-18	15-17	16-18
Opaz. obdobje								
Celje	12	13	35	36	29	27	81	76
Hrastnik	4	4	52	52	4	4	63	57
Kranj	12	12	30	31	17	16	43	41
Ljubljana	65	66	33	33	103	101	52	51
Maribor	38	38	48	48	70	70	89	88
Murska Sobota	7	6	46	46	12	11	86	81
Novo mesto	9	9	37	38	17	16	67	63
Trbovlje	6	6	49	48	11	10	92	86
Zagorje ob Savi	5	5	43	43	11	11	94	95
Koper	12	13	34	35	11	9	31	24
Nova Gorica	10	10	43	41	12	10	50	41
Velenje	8	7	33	31	7	6	29	23

OCENA SPREMEMB V PRIČAKOVANI ŽIVLJENJSKI DOBI

Znižanje onesnaženosti zraka bi se odrazilo tudi v daljši pričakovani življenjski dobi. Ob uresničitvi scenarija 1 se ocenjeno podaljšanje pričakovane življenjske dobe giblje med najmanj 3,7 (Hrastnik, Murska Sobota, Zagorje) in 4,4 meseci (Ljubljana in Kranj), ob uresničitvi scenarija 2 pa med 2,9 (Velenje) in 9,3 meseci (Celje) (Tabela 10). Ocena velja za osebe, ki bi bile zmanjšani onesnaženosti izpostavljene od starosti 30 let dalje in temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2016-2018. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2015-2017 pomembnejših razlik v oceni pričakovanega podaljšanja življenjske dobe ni.

Ocena števila pridobljenih let življenja (angleško: person years) se med posameznimi mesti močno razlikuje, saj je med drugim močno odvisna tudi od števila prebivalcev v posameznem kraju, ki so bili zajeti v izračun (glej Tabela 4, vrstica: Skupaj vse starostne skupine). Glede na to je ocenjeno število pridobljenih let življenja tako pri uresničitvi scenarija 1 kot pri uresničitvi scenarija 2 na splošno največje v največjih krajih v Sloveniji (Ljubljani, Mariboru, Celju, Kranju, Novem mestu, Kopru) in manjše pri manjših (Murska Sobota, Trbovlje, Zagorje, Hrastnik) in kljub večjemu številu prebivalcev v z delci manj onesnaženih krajih (npr. Velenje). (Tabela 10). Tudi v tem primeru ocena temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2016-2018. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2015-2017 pomembnejših razlik v oceni števila pridobljenih let življenja ni.

Tabela 10: Ocena podaljšanja pričakovane življenjske dobe (meseci) in ocena števila pridobljenih let življenja v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju, če bi se onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ zmanjšala za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oziroma na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanje onesnaženosti v obdobju 2016-2018 s primerjavo na obdobje 2015-2017.

Kraj	Scenarij 1: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$				Scenarij 2: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Ocena podaljšanja pričakovane življenjske dobe (meseci)		Ocena števila skupnih pridobljenih let življenja		Ocena podaljšanja pričakovane življenjske dobe (meseci)		Ocena števila skupnih pridobljenih let življenja	
	15-17	16-18	15-17	16-18	15-17	16-18	15-17	16-18
Celje	4,1	4,2	237	243	9,9	9,3	567	534
Hrastnik	3,5	3,7	35	36	4,3	4,1	42	39
Kranj	4,4	4,4	294	289	6,4	5,9	433	382
Ljubljana	4,5	4,4	1550	1492	7,3	6,8	2494	2314
Maribor	3,9	4,0	478	480	7,3	7,4	898	898
Murska Sobota	3,7	3,7	70	70	7,0	6,7	134	125
Novo mesto	3,9	3,8	171	168	7,1	6,5	312	288
Trbovlje	4,0	4,1	71	75	7,7	7,5	137	136
Zagorje ob Savi	3,9	3,7	74	66	8,8	8,4	164	149
Koper	4,2	4,1	241	233	3,9	2,8	222	159
Nova Gorica	3,9	4,1	122	123	4,6	4,1	141	123
Velenje	3,6	3,8	151	160	3,1	2,9	132	120

OCENA ZMANJŠANJA UMRLJIVOSTI ZARADI BOLEZNI SRCA IN ŽILJA

V primeru, da bi se uresničil scenarij 1, to je zmanjšane onesnaženosti zraka s $PM_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka, bi bil učinek ukrepa glede na umrljivost zaradi bolezni srca in žilja (standardizirano na 100.000 prebivalcev) največji v Murski Soboti, Hrastniku, Mariboru, Zagorju ob Savi, Trbovljah in Novi Gorici. S pomočjo matematičnega modela ocenjeni pozitivni učinek zmanjšanja onesnaženosti zraka na standardizirano stopnjo umrljivosti za boleznimi srca in žilja se v prej navedenih krajih giblje med 38 (Murska Sobota) in 32 (Nova Gorica, Trbovlje) manj prezgodaj umrlih na 100.000 prebivalcev. V spodnji polovici razpredelnice so Novo Mesto, Celje, Ljubljana, Koper, Velenje in Kranj, kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 28 (Novo mesto) in 20 (Kranj) manj prezgodaj umrlih na 100.000 prebivalcev. (Tabela 11). Ocena zmanjšanja umrljivosti temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2016-2018. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2015-2017 pomembnejših razlik ni.

V primeru, da bi se uresničil scenarij 2, to je, da se obstoječa letna povprečna onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ zmanjša na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ocena učinka ukrepa ponudi nekoliko drugačno razporeditev krajev kot v zgoraj opisanem primeru. Učinek ukrepa glede na umrljivost zaradi bolezni srca in ožilja standardizirano na 100.000 prebivalcev bi bil največji v Zagorju, sledijo pa Maribor, Murska Sobota, Celje, Trbovlje in Novo mesto. V naštetih krajih se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 72 (Zagorje) in 47 (Novo mesto) manj prezgodaj umrlih na 100.000 prebivalcev. V spodnji polovici razpredelnice so Hrastnik, nova Gorica, Ljubljana, Kranj, Koper in Velenje, kjer se ocenjeni pozitivni učinek ukrepa giblje med 41 (Hrastnik) in 18 (Velenje, Koper) prezgodnih smrti na 100.000 prebivalcev. (Tabela 11). Tudi v tem primeru ocena zmanjšanja umrljivosti temelji na podatkih o povprečni umrljivosti in povprečnem onesnaženju zraka v opazovalnem obdobju 2016-2018. V primerjavi z opazovalnim obdobjem 2015-2017 pomembnejših razlik ni.

Tabela 11: Ocena števila prezgodnjih smrti zaradi bolezni srca in žilja v slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Kopru, Novi Gorici in Velenju, če bi se onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ zmanjšala za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oziroma na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na stanje onesnaženosti v obdobju 2016-2018 s primerjavo na obdobje 2015-2017

Kraj	Scenarij 1: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$				Scenarij 2: Zmanjšanje letne povprečne onesnaženosti s $PM_{2,5}$ na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$			
	Ocena dejanskega zmanjšanja števila prezgodaj umrlih		Ocena zmanjšanja števila prezgodaj umrlih na 100.000 preb.		Ocena dejanskega zmanjšanja števila prezgodaj umrlih		Ocena zmanjšanja števila prezgodaj umrlih na 100.000 preb.	
	15-17	16-18	15-17	16-18	15-17	16-18	15-17	16-18
Celje	9	10	26	27	21	21	60	57
Hrastnik	3	3	40	37	3	3	48	41
Kranj	8	8	20	20	11	10	29	26
Ljubljana	45	46	23	23	71	70	36	35
Maribor	30	29	38	37	55	53	70	67
Murska Sobota	6	5	40	38	10	9	73	65
Novo mesto	7	7	29	28	13	12	51	47
Trbovlje	4	4	33	32	7	7	61	56
Zagorje ob Savi	4	4	33	33	8	8	69	72
Koper	10	10	27	26	9	7	24	18
Nova Gorica	8	7	34	32	9	7	39	31
Velenje	6	5	24	23	5	4	21	18

UGOTOVITVE IN ZAKLJUČEK

UGOTOVITVE

1. Na osnovi rezultatov pridobljenih z matematičnim modelom namenjenim ocenjevanju vplivov onesnaženega zraka z delci na zdravje ljudi ocenjujemo, da bi že zmanjšane sedanje stopnje onesnaženosti zraka s $PM_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ v vseh slovenskih krajih s prekomerno onesnaženim zrakom (Celje, Hrastnik, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Novo mesto, Trbovlje, Zagorje) ter v Novi Gorici, Kopru in Velenju vplivalo na stopnjo celotne umrljivosti in na stopnjo umrljivosti zaradi bolezni srca in žilja. Obe stopnji umrljivosti bi se zmanjšali – zmanjšalo bi se število prezgodaj umrlih.
2. Če bi se onesnaženost zraka s $PM_{2,5}$ v vseh teh krajih zmanjšala na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bi bili pozitivni učinki na zmanjšanje umrljivosti še mnogo večji.
3. Ob zmanjšanju onesnaženosti zraka z delci za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oziroma na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bi se podaljšala tudi pričakovana življenjska doba.

ZAKLJUČEK

Z zmanjšanjem onesnaženosti zraka z delci PM na povprečno letno vrednost, ki jo na podlagi znanih učinkov na zdravje priporočajo smernice SZO (za $PM_{2,5}$ $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$), bi bilo pridobljenih veliko let življenja.

Število prezgodnjih smrti, ki so posledica prekomerno onesnaženega zraka, bi se pomembno zmanjšalo.

LITERATURA

WHO. Review of evidence on health aspects of air pollution –REVIHAAP Project Technical Report. 2013. URL: http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1

ARSO: Poročila o kakovosti zraka v Sloveniji za leta 2016, 2017 in 2018. URL: http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/kakovost_letna.html

Povprečne dnevne koncentracije delcev PM_{10} v letu 2018. URL: <https://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/>

Otorepec P. Nacionalni inštitut za javno zdravje. Vpliv prašnih delcev na zdravje. URL: <http://www.nijz.si/vpliv-delcev-na-zdravje>

Kunzli N, Kajser R, Medina S et al. (2000). Public-health Impact of Outdoor and Traffic-related Air Pollution: a European Assessment. Lancet, 356, pp 795-801.

EPA. Six Common Pollutants. Particulate Matter - Basic Information. URL: <http://www.epa.gov/airquality/particlepollution/basic.html>, datum ogleda: 22. 7. 2014

ARSO. Kakovost zraka. Zakaj nam je tematika pomembna? URL: http://www.arso.gov.si/soer/kakovost_zraka.html

Uredba o kakovosti zunanega zraka, UL RS št.09/11

Ocena onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom, dušikovimi oksidi, delci PM10, ogljikovim monoksidom, benzenom, težkimi kovinami (Pb, As, Cd, Ni) in policiklicnimi aromatskimi ogljikovodiki (PAH) v Sloveniji, za obdobje 2005-2009, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Ljubljana, oktober 2010

Aphekom. Closing gaps in understanding the impact of air pollution on health. URL:

<http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/home;jsessionid=07092644707B0793566935C9135AF070>.

Prebivalstvo po izbranih starostnih skupinah in spolu, občine, Slovenija, polletno. URL:

https://pxweb.stat.si/SiStatDb/pxweb/sl/10_Dem_soc/10_Dem_soc_05_prebivalstvo_10_stevilo_preb_20_05C40_prebivalstvo_obcine/?tablelist=true

NIJZ Podatkovni portal, Zdravstveno stanje prebivalstva. URL:

https://podatki.nijz.si/pxweb/sl/NIJZ%20podatkovni%20portal/?px_language=sl&px_db=NIJZ+podatkovni+portal&rxid=21b24233-3f86-47d3-b7ac-72ceb5a68430

NIJZ. Povišane ravni delcev PM10 v zraku - priporočila za prebivalce. URL:

<https://www.nijz.si/sl/povisane-ravni-delcev-pm10-v-zraku-priporocila-za-prebivalce>