

OCENA VPLIVA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z DELCI (PM) NA UMRLJIVOST V SLOVENSКИH KRAJIH S PREKOMERNO ONESNAŽENIM ZRAKOM

UVOD

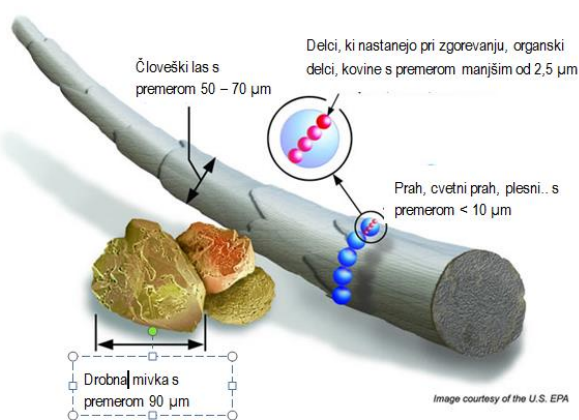
Onesnažen zrak velja za najpomembnejši javno zdravstveni problem povezan z onesnaževanjem okolja. Predstavlja tveganje za zdravje, ki se mu vsaj v urbanem okolju praktično ni možno izogniti. V Evropi je okoli 90 odstotkov mestnega prebivalstva izpostavljenega prekomernim vrednostim prašnih delcev, dušikovih oksidov, ozona in benzena v zunanjem zraku (1).

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 šest odstotkov vseh smrti letno lahko pripišejo izpostavljenosti onesnaženemu zraku, kar je dvakrat več kot je žrtev prometnih nesreč. Ocene o številu umrlih in obolelih 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 dejansko še večje (1).

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.

DELCI KOT ONESNAŽEVALCI ZRAKA

Onesnaženost zraka z delci, ki jo 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 pa so tako majhni, da jih lahko vidimo le z elektronskim mikroskopom (2).



Slika 1: Velikost delcev PM₁₀ in PM_{2,5} v primerjavi s človeškim lasom in drobcu mivke (2)

Delci so po obliki in sestavi zelo različni. Nastanejo lahko iz stotin različnih kemikalij. Nekateri, t.i. primarni delci se emitirajo v ozračje neposredno iz virov njihovega nastanka kot npr. iz gradbišč, neasfaltiranih pa tudi 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 (2). V veliki večini delcev je glavna komponenta ogljik, na tega pa

se lahko vežejo številne primesi (7).

Analiza virov PM₁₀ kaže, da je v Sloveniji vzrok onesnaženja z delci večinoma cestni promet, predvsem v prometno bolj obremenjenih urbanih središčih (Ljubljanska kotlina), v slabo prevetrenih kotlinah pa so vzrok onesnaženja tudi izpusti iz kurilnih naprav ter industrijskih virov (Zasavska in Celjska kotlina) (3).

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.

V povezavi s tem, kako globoko v dihalne poti prodrejo posamezni delci ločujemo še t.i. »inhalabilne velike delce« s premerom med 2,5 in 10 µm in »respirabilne fine delce«, ki so manjši od 2,5 µm. Veliki inhalabilni delci se pri dihanju ustavijo v zgornjih dihalnih poteh, fini respirabilni pa prodrejo globoko v pljuča vse do pljučnih mešičkov. 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.

Onesnaženost zraka z delci PM opisujemo z masno koncentracijo – maso delcev na določen volumen zraka (µg/m³ zraka). UFP delci 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 za delce v zraku so prikazane v preglednici (Tabela 1).

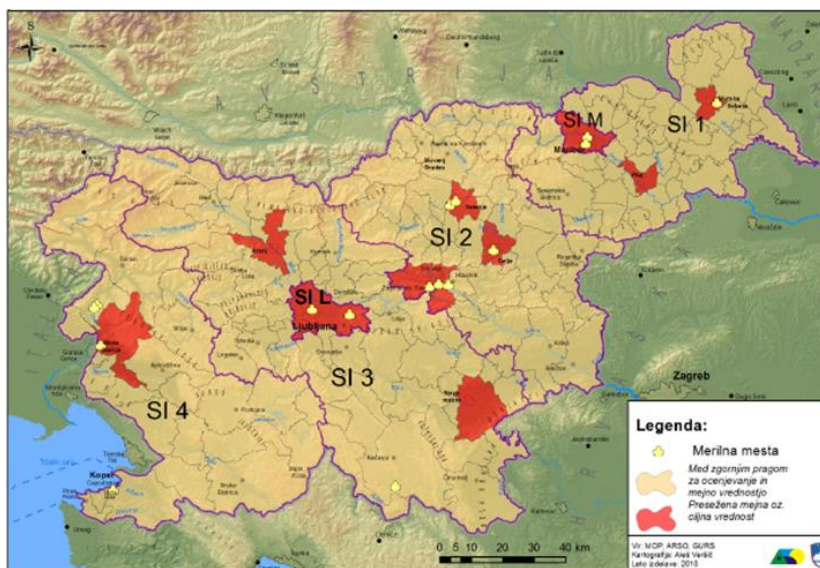
Tabela 1: Mejne in ciljne vrednosti za delce PM v zraku (4, 5)

Onesnaževalo	Čas merjenja	Vrednost	Opomba
PM ₁₀ , mejna vrednost	1 dan	50 µg/m ³	Dopustno je 35 preseganj v koledarskem letu
PM ₁₀ , mejna vrednost	Koledarsko leto	40 µg/m ³	
PM _{2,5} , mejna vrednost	Koledarsko leto	25 µg/m ³	Datum do katerega je potrebno doseči mejno vrednost je 1.1.2015
PM _{2,5} , mejna vrednost*	Koledarsko leto	20 µg/m ³	Datum do katerega je potrebno doseči mejno vrednost je 1.1.2020
PM _{2,5} , obveznost glede stopnje izpostavljenosti*	Triletno povprečje	20 µg/m ³	2015
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.

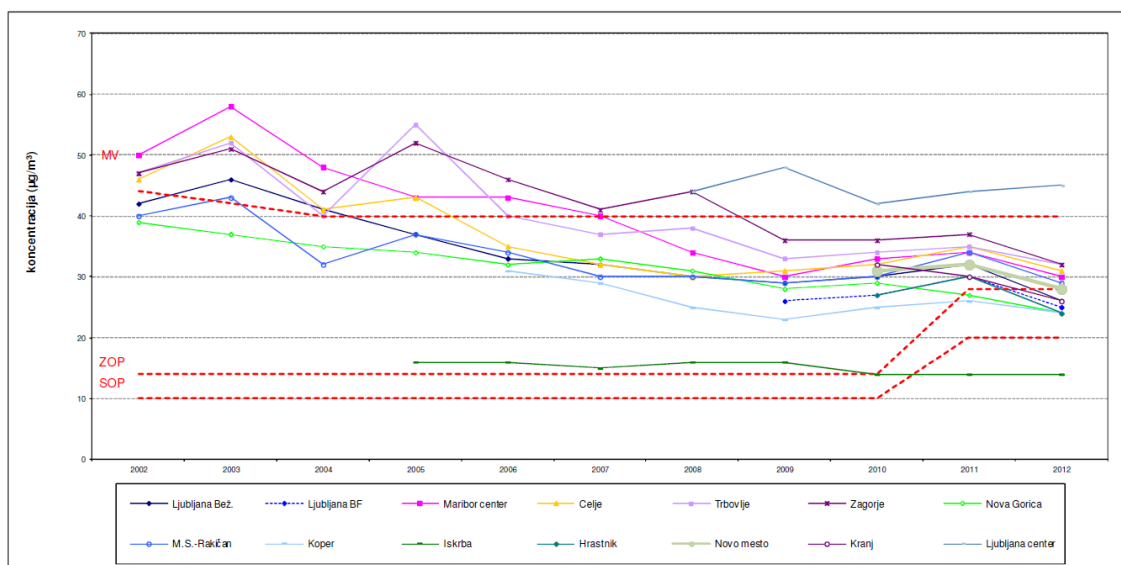
ONESNAŽENOST ZRAKA Z DELCI V SLOVENIJI

Meritve onesnaženosti zunanjega zraka z delci PM_{10} v okviru Državne merilne mreže za spremljanje kakovosti zraka so pokazale, da je zrak na območjih desetih večjih slovenskih mest z delci onesnažen nad mejno vrednostjo. Ti kraji so Celje, Hrastnik, Kranj, Ljubljana, Maribor, Murska Sobota, Nova Gorica, Novo mesto, Trbovlje in Zagorje ob Savi (Slika 2). V Kopru je zaradi ugodnejših meteoroloških razmer raven koncentracij delcev nižja (6).



Slika 2: Porazdelitev ravni onesnaženosti zraka z delci PM_{10} po območjih (6)

V obdobju od leta 2003 dalje je opazen trend zmanjševanja koncentracij delcev PM_{10} v zraku. Takšen trend je po eni strani posledica zmanjševanja emisije zaradi izgradnje čistilnih naprav na industrijskih objektih, delno pa posledica ugodnih vremenskih razmer (7). Za vse merilne postaje v Sloveniji razen za merilno postajo Ljubljana Center je značilno, da od leta 2009 do leta 2012 povprečne letne koncentracije delcev PM_{10} niso presegle letnih mejnih vrednosti (Slika 3).



Slika 3: Povprečne letne koncentracije delcev PM_{10} (MV-mejna vrednost, SOP-spodnji ocenjevalni prag, ZOP-zgornji ocenjevalni prag.(7)

Povsem drugače je bilo s številom dovoljenih prekoračitev mejne dnevne vrednosti. Najslabše je bilo stanje v Ljubljani, Mariboru, Celju, Trbovljah in Zagorju (Tabela 2) (8). Koncentracije delcev PM₁₀ so višje pozimi, ko se za onesnaženost zraka manj ugodnim vremenskim razmeram poleg stalno prisotnih priključijo še kurišča kot dodatni viri onesnaževanja zraka. Praktično brez izjeme so ne glede na kraj v hladnejše obdobje leta skoncentrirane tudi vse prekoračitve dnevnih mejnih vrednosti.

Tabela 2: Letno število preseganj dnevne mejne vrednosti PM₁₀. Število preseganj, ki je večje od dopustnega, je napisano s krepko pisavo. (8)

Merilno mesto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
LJ Bežigrad	42	46	41	37	33	32	30	29	30	32	26	24
LJ Biotehnična fak.	/	/	/	/	/	/	/	26	27	30	27	26
LJ center	/	/	/	/	/	/	44	48	42	44	45	41
MB center	50	58	48	43	43	40	34	30	33	34	30	30
Kranj	/	/	/	/	/	/	/	/	32	30	26	25
Novo mesto	/	/	/	/	/	/	/	/	31	32	28	27
Celje	46	53	41	43	35	32	30	31	32	35	31	29
Trbovlje	47	52	40	55	40	37	38	33	34	35	32	30
Zagorje	47	51	44	52	46	41	44	36	36	37	32	29
Hrastnik	/	/	/	/	/	/	/	/	27	30	24	23
Velenje	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	22	21
MS Rakičan	40	43	32	37	34	30	30	29	30	33	29	28
Nova Gorica	39	37	35	34	32	33	31	28	29	27	24	22
Koper	/	/	/	/	31	29	25	23	25	27	24	20
Žerjav	/	/	/	/	/	/	/	/	26	34	29	26
Iskrba	/	/	/	16	16	15	16	16	14	17	15	13
Morsko	/	/	/	/	/	23	22	20	19	21	20	16
Gorenje Polje	/	/	/	/	/	24	26	23	20	23	21	18
MB Tabor	40	42	38	43	47	40	35	30	31	/	/	/
MB Vrbanski pl.	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26	24	20
Vnajnarje	/	/	/	/	26	22	/	23	20	26	23	24
Pesje	/	31	25	27	28	21	20	22	22	22	20	23
Škale	/	27	23	23	26	24	22	24	23	23	22	17
Prapretno	/	/	30	28	34	33	29	31	29	34	28	22
AMP Gaji	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	26
Kovk	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	15	14
Dobove	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12	11
Šoštanj	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	12

VPLIVI DELCEV NA ZDRAVJE

Na mestu vstopa v telo (v pljučih) delci povzročajo nastanek oksidativnega stresa, ki vodi v vnetje. Ta povzroča poslabšanje obstoječih bolezni dihal (npr. KOPB) in ob dolgotrajnem delovanju kronično vnetno reakcijo, ki povzroči zmanjšanje pljučne funkcije. Preko sproščenih mediatorjev vnetja delci povzročajo povečanje koncentracije koagulacijskih faktorjev, nastanek krvnih strdkov, kar lahko vodi v nastanek možganskega in srčnega infarkta. Na srce delujejo tako, da povzročajo motnje ritma, večajo odzivnost srca na kateholamine, vplivajo na repolarizacijo srčne mišice in večajo ishemijo miokarda. Delci delujejo tudi na žilni sistem, preko mehanizma oksidativnega stresa povzročajo in pospešujejo nastanek ateroskleroze. Povzročajo vazokonstrikcijo in povečan krvni tlak. Zdi se, da je osnovni mehanizem delovanja nastanek oksidativnega stresa (9).

Iz epidemioloških študij je razvidno, da je učinek PM₁₀ na zdravje odvisen od koncentracije in časa izpostavljenosti.

Epidemiološke študije kažejo na povezavo med kratkotrajno izpostavljenostjo PM_{2,5} in PM₁₀ ter povečano stopnjo umrljivosti predvsem pri bolnikih z obstoječo pljučno ali srčno žilno boleznijo (9).

Dolgotrajna stalna izpostavljenost ima neprimerno večji vpliv na zdravje kot občasna kratkotrajna izpostavljenost večjim koncentracijam PM₁₀ (9). V glavnem vse opravljene epidemiološke študije kažejo na povezavo med izpostavljenostjo PM₁₀ in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi srca in ožilja ter dihal. Povezava je v vseh pomembnih študijah statistično značilna, pri tem so upoštevane begave spremenljivke (10). Dolgotrajna izpostavljenost delcem povzroča in pospešuje tudi razvoj arterioskleroze (11, 12). Učinek delcev PM₁₀ na srčno žilne bolezni je močnejši kot na bolezni dihal (13).

Pri otrocih dolgotrajna izpostavljenost veča verjetnost za nastanek astme in ostalih alergijskih bolezni, vnetij ušes in grla, ter povzroča upad pljučnih funkcij (14, 15, 16, 17).

Iz študij je prav tako razvidno, da je odnos med dolgotrajno izpostavljenostjo PM₁₀ in povečano stopnjo umrljivosti za boleznimi pljuč ter srca in ožilja linearen (9). Delci v zraku večajo umrljivost za boleznimi dihal, srca in ožilja, kar je v skladu z mehanizmom delovanja. Življenje v okolju s PM₁₀ poveča tveganje za umrljivost za boleznimi dihal in boleznimi srca in ožilja, tveganje se poveča za 1,01 za vsakih 10 µg/m³ (10), zato vsako zmanjšanje delcev v ozračju predstavlja pomembno izboljšanje za zdravje prebivalcev.

OCENA POSLEDIC PREKOMERNE ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z DELCI PM_{2,5} ZA ZDRAVJE LJUDI V SLOVENSKIH MESTIH IN PRIČAKOVANI POZITIVNI UČINKI SANACIJE

Pri oceni posledic prekomerne onesnaženosti zraka z delci PM_{2,5} za zdravje ljudi smo se osredotočili na vpliv dolgotrajne izpostavljenosti omenjeni onesnaženosti zraka na celotno umrljivost in 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 (18). 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.

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, ..., 80-84, 85 in več, za vsako občino v obravnavi, za leto 2012 (Tabela 3) (19).
- Podatke o dnevni povprečni onesnaženosti zraka z delci PM₁₀ za leto 2012 (20), 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 merilne mreže za spremljanje kakovosti zraka (v nadaljevanju DMKZ). Merilne postaje DMKZ za meritve onesnaženosti zraka s PM₁₀ so v vseh obravnavanih mestih.

- Podatke o umrljivosti in umrljivosti za srčno-žilne bolezni v starostnih skupinah 30-34, ..., 80-84, 85 in več, prav tako za vsako obravnavano občino posebej, za leto 2012 (Tabela 5) (21).

V letu 2012 je v slovenskih krajih s sprejetimi Odloki o načrtu za kakovost zraka živelo skupaj več kot 594.000 ljudi, kar je skoraj 30 odstotkov vsega prebivalstva Slovenije. Med njimi je bilo 69 odstotkov prebivalcev starejših od 30 let (Tabela 3). Seveda je število izpostavljenih v posamezni občini premo sorazmerno s skupnim številom prebivalcev posamezne občine. Tako je prekomerno onesnaženemu zraku izpostavljenih največ prebivalcev občine Ljubljana, sledijo Maribor, Kranj, Celje in tako naprej do občine Hrastnik, ki ima med občinami s prekomerno onesnaženim zrakom najmanjše število prebivalcev.

V izračune in prikaz smo vključili tudi Novo Gorico, Koper in Velenje, mesta, v katerih prav tako obstoje merilne postaje za meritve onesnaženosti zraka, vendar zrak z delci ni prekomerno onesnažen.

Tabela 3: Število prebivalcev po posameznih starostnih skupinah v slovenskih občinah s prekomerno onesnaženim zrakom z delci ter v Novi Gorici, Kopru in Velenju za leto 2012.

Starostna skupina	CE	KR	LJ	MB	MS	NM	HR	TR	ZS	Skupaj	NG	KP	VE
30-34 let	3.911	4.514	22.334	8.002	1.396	2.838	693	1.242	1.294	46.224	2.408	3.438	2.180
35-39 let	3.651	4.277	21.075	7.533	1.488	2.684	614	1.121	1.174	43.617	2.488	3.630	2.805
40-44 let	3.318	3.955	19.519	7.489	1.438	2.636	620	1.049	1.140	41.164	2.329	3.815	3.279
45-49 let	3.822	4.119	20.612	8.316	1.413	2.860	800	1.373	1.302	44.617	2.362	4.293	3.407
50-54 let	3.683	3.986	19.079	8.232	1.460	2.648	860	1.467	1.349	42.764	2.271	3.879	2.596
55-59 let	3.857	3.865	20.136	8.776	1.583	2.477	842	1.480	1.272	44.288	2.548	2.546	1.738
60-64 let	3.078	3.326	18.272	7.887	1.503	2.009	662	1.209	1.021	38.967	2.417	2.801	1.483
65-69 let	2.528	2.524	12.800	6.395	1.108	1.544	517	926	771	29.113	1.385	2.520	1.263
70-74 let	2.193	2.372	12.289	5.310	936	1.611	461	802	704	26.678	1.635	2.133	860
75-79 let	1.819	1.976	10.192	4.690	675	1.252	387	598	614	22.203	1.282	1.636	566
80-84 let	1.332	1.393	7.515	3.400	543	843	302	514	494	16.336	958	798	273
85-in več	908	896	5.956	2.601	353	496	222	358	362	12.152	727	464	115
Skupaj vse starostne skupine	34.100	37.203	189.779	78.631	13.896	23.898	6.980	12.139	11.497	408.123	22.810	31.953	20.565
% preb. v starosti > 30 let	70	67	68	71	72	66	71	72	68	69	71	66	61
Skupaj vsi prebivalci občine	48.682	55.432	280.278	110.946	19.220	36.395	9.833	16.938	17.004	594.728	31.932	48.527	33.926

Iz podatkov navedenih v preglednici (Tabela 4) je razvidno, da je bila v letu 2012 najvišja povprečna dnevna koncentracija delcev PM_{2,5} v zraku v Zagorju ob Savi s povprečno dnevno koncentracijo 23 µm/m³ zraka, sledita Celje in Trbovlje z 22 µm/m³ zraka ter nato Maribor, Murska Sobota in Novo mesto z 20 µm/m³ zraka. Najnižja povprečna dnevna koncentracija PM_{2,5} v zraku je bila v letu 2012

izmerjena v Novi Gorici in Hrastniku ($17 \mu\text{m}/\text{m}^3$ zraka). Vsi podatki, ki jih prikazuje preglednica Tabela 4, so bili izračunani z modelom APHEIS.

Tabela 4: Onesnaženost zraka z delci $\text{PM}_{2,5}$ (izračunano iz) v nekaterih slovenskih občinah za leto 2012 (v $\mu\text{m}/\text{m}^3$ zraka) (Izračunano z modelom APHEIS iz podatkov za PM_{10}).

	CE	KR	LJ	MB	MS	NG	NM	HR	TR	ZS	KP	VE
Povp. dnevna konc.	22	18	18	20	20	17	20	17	22	23	17	16
standardni odklon	15	11	12	12	15	10	13	9	16	14	10	9
5-ti percentil	7	6	6	7	6	6	6	6	8	8	6	5
95-ti percentil	48	39	39	41	45	36	46	34	55	54	36	32

Celotna umrljivost za starost 30 let in več v slovenskih občinah s prekomerno onesnaženim zrakom z delci PM_{10} je bila v letu 2012 najvišja v Zagorju ob Savi (16,5 ‰), sledijo Murska Sobota, Maribor in Trbovlje, kjer je celotna umrljivost preseгла 15 promilov. Najmanjša celotna umrljivost v starostni skupini nad 30 let je bila v letu 2012 v Kranju in Ljubljani in sicer 11,2 oziroma 11,9 promila (Tabela 5).

Z izračunom s pomočjo matematičnega modela za ocenjevanje posledic dolgotrajne izpostavljenosti zraku onesnaženem z delci (18) smo ocenili, kolikšno bi bilo pričakovano zmanjšanje celotne umrljivosti in umrljivosti zaradi srčno žilnih bolezni ter kolikšno bi bilo podaljšanje pričakovane življenjske dobe za dva različna scenarija in sicer:

- zmanjšanje obstoječe onesnaženosti zraka z delci $\text{PM}_{2,5}$ za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka izraženo kot povprečna dnevna koncentracija,
- zmanjšanje obstoječe onesnaženosti zraka z delci $\text{PM}_{2,5}$ na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka izraženo kot povprečna dnevna koncentracija.

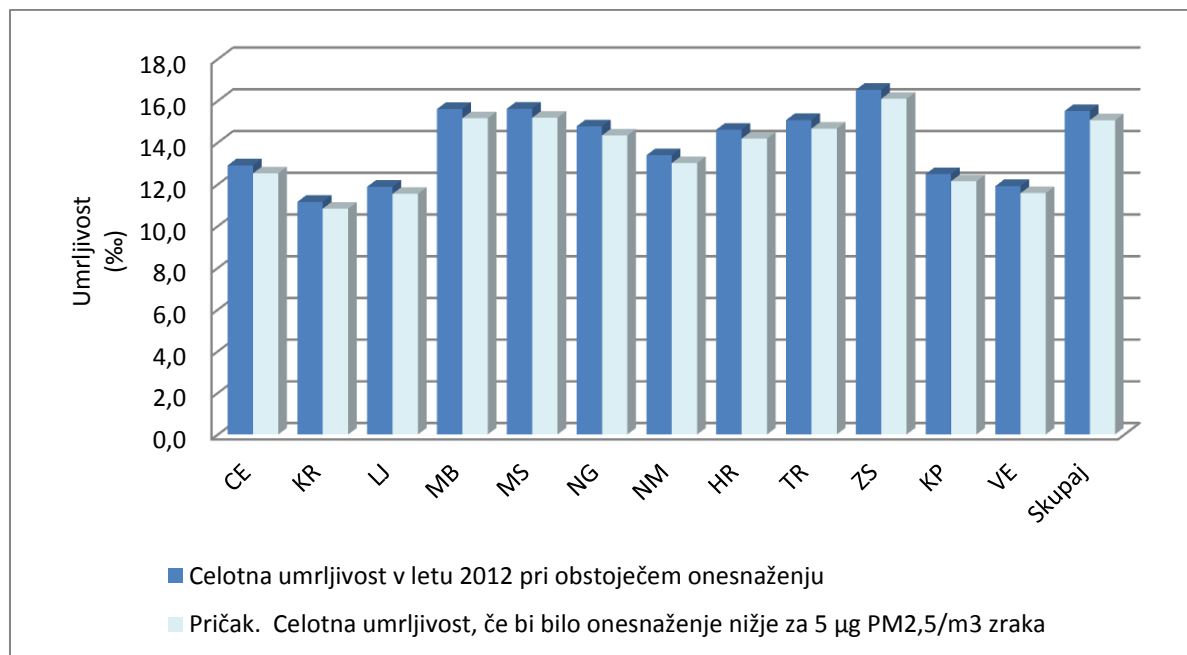
Ob predpostavki, da bi se v občinah s prekomerno onesnaženim zrakom sedanja onesnaženost zraka z delci $\text{PM}_{2,5}$ zmanjšala za $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka, bi se celotna umrljivost v teh občinah zmanjšala za približno tri odstotke, pričakovana življenjska doba pa bi se podaljšala približno za štiri mesece (Tabela 5, Graf 1).

Ob predpostavki, da bi se v občinah s prekomerno onesnaženim zrakom sedanja onesnaženost zraka z delci $\text{PM}_{2,5}$ zmanjšala na $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka, bi se celotna umrljivost brez zunanjih vzrokov smrti v teh občinah zmanjšala tudi za več kot sedem odstotkov (Trbovlje). Za Zagorje, Celje, Maribor, Mursko Soboto in Novo mesto se ocena zmanjšanja celotne umrljivosti giblje med 6,8 in 5,5 odstotki, v Kranju, Ljubljani, Novi Gorici in Hrastniku pa med 4,7 in 3,9 odstotka (Tabela 5, Graf 2). Pričakovana življenjska doba bi se ob tolikšnjem zmanjšanju onesnaženosti zraka v večini krajev podaljšala najmanj za pol leta ali več, npr. v Zagorju skoraj za eno leto (Tabela 5).

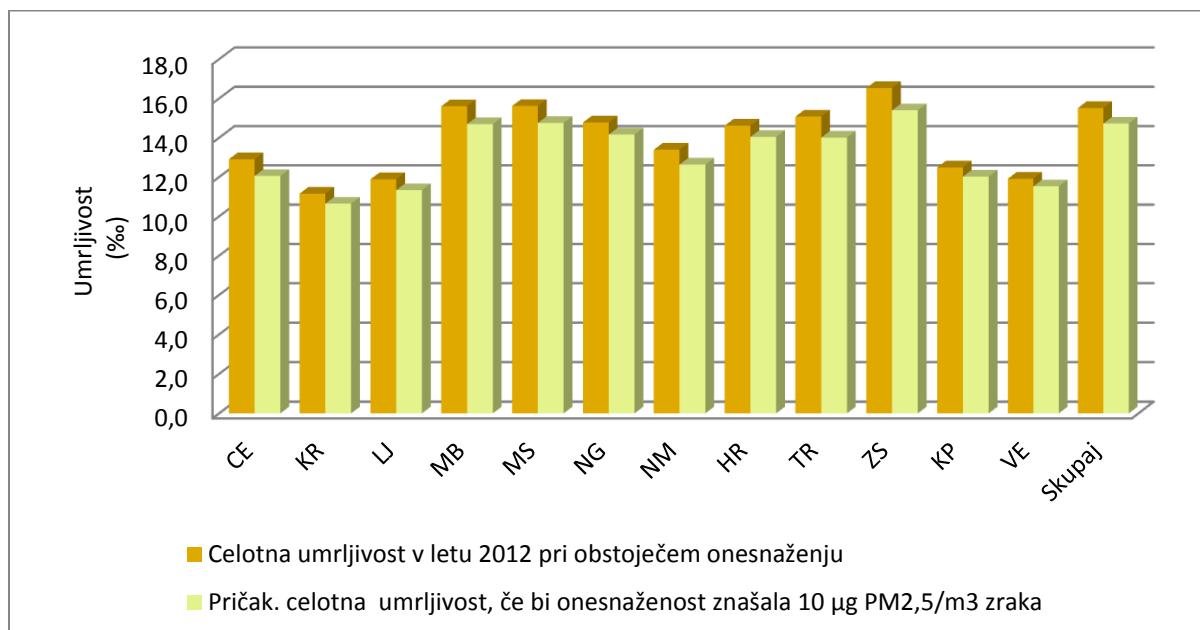
Tabela 5: Pričakovane spremembe v celotni umrljivosti za starost 30 let in več ter pričakovano podaljšanje življenjske dobe v nekaterih slovenskih občinah, če bi se onesnaženost zraka z delci zmanjšala za 5 oziroma na 10 $\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$ zraka

	Dejansko št. smrti v letu 2012	Celotna umrljivost letu 2012 pri obstoječem onesnaženju [‰]	Pričakovane spremembe, če bi bilo onesnaženje nižje za 5 $\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$ zraka		Pričakovane spremembe, če bi onesnaženost zraka znašala 10 $\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$ zraka	
			Zmanjšanje celotne umrljivosti [%]	Podaljšanje življenjske dobe (leta)	Zmanjšanje celotne umrljivosti [%]	Podaljšanje življenjske dobe (leta)
Celje	440	12,9	3	0,3	6,6	0,8
Kranj	415	11,2	2,9	0,3	4,6	0,6
Ljubljana	2255	11,9	2,9	0,4	4,7	0,6
Maribor	1227	15,6	2,9	0,3	5,9	0,7
Murska Sobota	217	15,6	2,8	0,3	5,5	0,6
Nova Gorica	337	14,8	3	0,3	4,2	0,5
Novo mesto	320	13,4	2,8	0,3	5,6	0,6
Hrastnik	102	14,6	2,9	0,4	3,9	0,5
Trbovlje	183	15,1	2,7	0,3	7,1	0,8
Zagorje ob Savi	190	16,5	2,6	0,3	6,8	0,9
Koper	399	12,5	2,8	0,3	3,8	0,3
Velenje	245	11,9	2,9	0,2	3,3	0,2

Graf 1: Pričakovane spremembe v celotni umrljivosti za starost 30 let in več v nekaterih slovenskih občinah, če bi se onesnaženost zraka z delci $\text{PM}_{2,5}$ zmanjšala za 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka.



Graf 2: Pričakovane spremembe v celotni umrljivosti za starost 30 let in več v nekaterih slovenskih občinah, če bi se onesnaženost zraka delci $PM_{2,5}$ zmanjšala na $10 \mu g/m^3$ zraka.



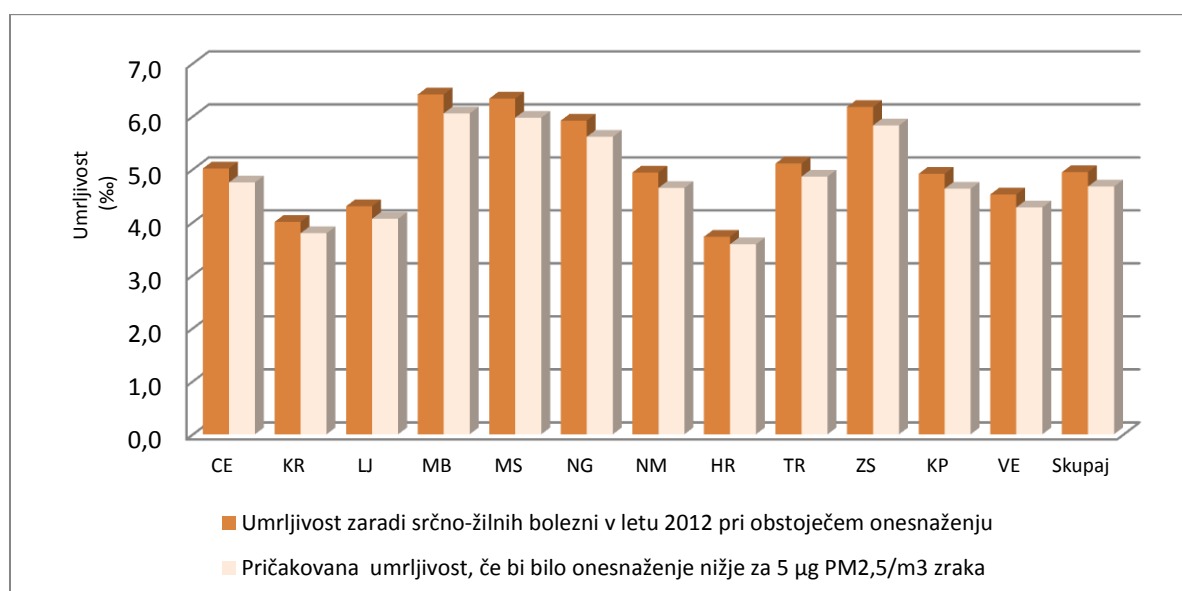
Umrlijivost zaradi srčno žilnih bolezni v starostnih skupinah nad 30 let v slovenskih občinah s prekomerno onesnaženim zrakom z delci PM_{10} je bila v letu 2012 najvišja v Mariboru, Murski Soboti in Zagorju ob Savi, kjer je presegla vrednost 6 ‰. Sledijo Nova Gorica, Trbovlje in Celje z umrljivostjo višjo od 5 promilov ter Novo mesto, Koper, Velenje, Ljubljana in Kranj z umrljivostjo višjo od 4 promilov. Najmanjša umrljivost zaradi srčno žilnih bolezni v starostni skupini nad 30 let je bila v letu 2012 v Hrastniku, 3,7 promila (Tabela 6).

Pričakovan učinek zmanjšanja onesnaženosti zraka za $5 \mu g PM_{2,5}/m^3$ zraka na umrljivost zaradi srčno žilnih bolezni bi bil še bolj izrazit kot pri celotni umrljivosti brez zunanjih vzrokov smrti, saj se pričakovano zmanjšanje umrljivosti giblje med 3,8 in 5,9 odstotka (Tabela 6, Graf 3). Ta učinek bi bil še mnogo večji, če bi se onesnaženost zmanjšala na $10 \mu g PM_{2,5}/m^3$ zraka. V tem primeru lahko pričakujemo, da bi se umrljivost zaradi srčno žilnih bolezni v Celju, Trbovljah in Zagorju zmanjšala za več kot 12 odstotkov, v Mariboru in Novem mestu za okrog 11 odstotkov, v Murski soboti za okrog 10, v Kranju in Ljubljani za skoraj 9, v Novi Gorici in Hrastniku za okrog 7,5 odstotka, najmanj pa v Kopru in Velenju, za 7 oz. 6,5 odstotka (Tabela 6, Graf 4).

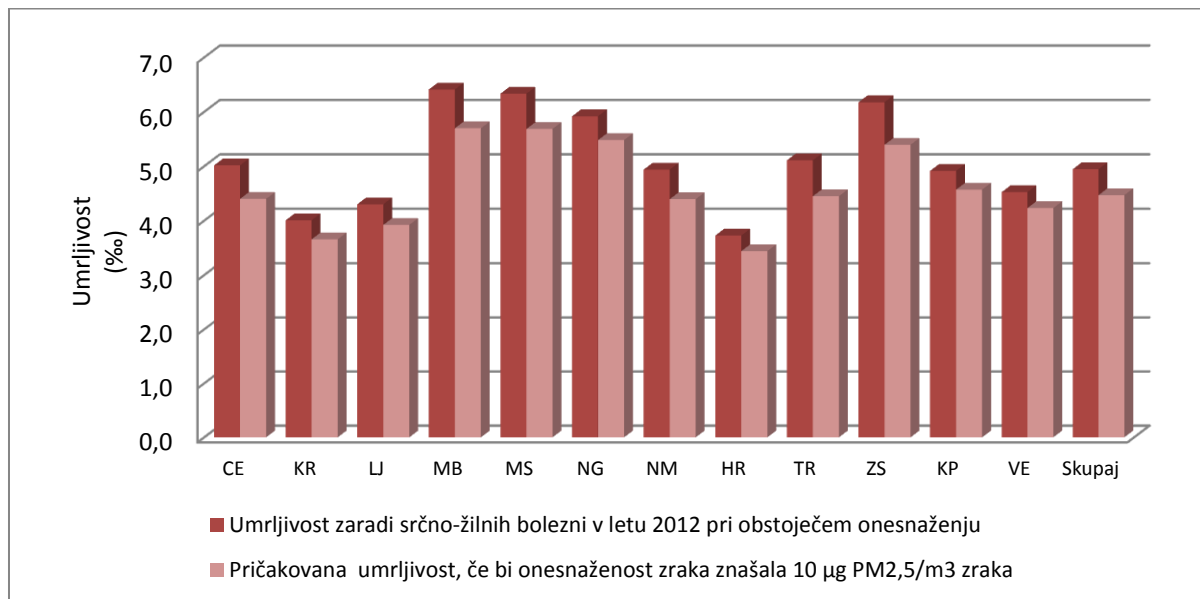
Tabela 6: Pričakovane spremembe v umrljivosti zaradi srčno žilnih bolezni za starost 30 let in več ter pričakovano podaljšanje življenjske dobe v nekaterih slovenskih občinah, če bi se onesnaženost zraka z delci zmanjšala za 5 oziroma na 10 $\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$ zraka.

Kraj	Dejansko št. smrti zaradi srčno žilnih bolezni v letu 2012	Umrlijivost zaradi srčno žilnih bolezni v l. 2012 pri obstoječem onesnaženju [%]	Pričakovano zmanjšanje umrljivosti zaradi srčno žilnih bolezni [%]	
			če bi bilo onesnaženje nižje za 5 $\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$ zraka	če bi se onesnaženost zraka znižala na 10 $\mu\text{g PM}_{2,5}/\text{m}^3$ zraka
Celje	171	5	5,3	12,3
Kranj	149	4	5,4	8,7
Ljubljana	816	4,3	5,5	8,8
Maribor	504	6,4	5,6	11,1
Murska Sobota	88	6,3	5,7	10,2
Nova Gorica	135	5,9	5,2	7,4
Novo mesto	118	4,9	5,9	11
Hrastnik	26	3,7	3,8	7,7
Trbovlje	62	5,1	4,8	12,9
Zagorje ob Savi	71	6,2	5,6	12,7
Koper	157	4,9	5,7	7,0
Velenje	93	4,5	5,4	6,5

Graf 3: Pričakovane spremembe v umrljivosti zaradi srčno žilnih bolezni za starost 30 let in več v nekaterih slovenskih občinah, če bi se onesnaženost zraka z delci $\text{PM}_{2,5}$ zmanjšala za 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zraka .



Graf 4: Pričakovane spremembe v umrljivosti zaradi srčno žilnih bolezni za starost 30 let in več v slovenskih občinah, če bi se onesnaženost zraka z delci PM_{2,5} zmanjšala na 10 µg/m³ zraka .



SANACIJSKI UKREPI

Za vse kraje v Sloveniji kjer je zrak s PM₁₀ onesnažen nad mejno vrednostjo je soglasju z občinami Vlada R Slovenije sprejela odloke o načrtu za kakovost zraka (22, 23, 24, 25, 26, 27, 28). Cilj odlokov je v občinah izvesti serijo ukrepov, katerih rezultat bo zmanjšanje onesnaženosti zraka s PM₁₀. Ukrepi so razdeljeni v štiri osnovne skupine: ukrepi na področju spodbujanja učinkovite rabe energije, ukrepi na področju prometa, ukrepi na drugih področjih in kratkoročni ukrepi.

Ukrepi na področju spodbujanja učinkovite rabe energije se delijo v tri vsebinske sklope. Prvi sklop je usmerjen v povečevanje odjema in širitev sistemov za daljinsko ogrevanje ter priključevanje objektov na plinovodno omrežje. Drugi sklop je usmerjen v zmanjšanje onesnaževanja zraka iz kurišč s spodbujanjem uporabe sodobnih kurilnih naprav, uporabe alternativnih virov energije ter v ozaveščanje in nadzor v zvezi z uporabo goriv v kuriščih. Tretji sklop je usmerjen v ukrepe za zmanjšanje toplotnih izgub stavb. Nosilci posameznih ukrepov so inštitucije z ustreznimi pooblastili, to so država, občina, pristojna lokalna služba za energetska oskrbo in dimnikarska služba.

Ukrepi na področju prometa so zbir ukrepov za spodbujanje trajnostnega prevoza na ravni mesta, izboljšanje mestnega potniškega prometa, uvajanje vozil na stisnjen zemeljski plin, zagotovitev parkiranja koles na železniških postajališčih, nadgraditev obstoječih postaj in postajališč javnega potniškega prometa, trajnostne parkirne politike, spodbujanja izdelave mobilnostnih načrtov, promocije trajnostne mobilnosti in preusmeritve tovornega prometa na železnico. Nosilci posameznih ukrepov so država, občina, izvajalci javnega potniškega prometa, posamezni subjekti javnega sektorja in gospodarski sektor ter izvajalci občinskih komunalnih javnih služb.

Ukrepi na drugih področjih so deloma usmerjeni v ukrepe, ki naj bi jih izvedla industrija kot npr. uveljavljanje sistemov ravnanja z okoljem in spodbujanje uporabe najboljših razpoložljivih tehnologij, deloma pa v izobraževanje in ozaveščanje vezano na kakovost zraka. V ta sklop sodi tudi vključevanje

zagotavljanja kakovosti zraka v občinske akte. Nosilci posameznih ukrepov so izvajalci gospodarskih dejavnosti, občina in država.

Kratkoročni ukrepi so ukrepi namenjeni skrajševanju časa, ko so presežene mejne dnevne vrednosti PM₁₀ v zunanjem zraku. Vsebujejo priporočila občanom in inštitucijam, da v skladu s svojimi možnostmi začasno zmanjšajo emisije delcev pri uporabi prometnih sredstev in kurilnih naprav za ogrevanje ter drugih naprav, ki sproščajo večje količine delcev. Nosilci posameznih ukrepov so občina, država in povzročitelji obremenitve.

Ministrstvo za zdravje se v sodelovanju z Nacionalnim inštitutom za javno zdravje in drugimi inštitucijami v svoji sestavi na vseh ravneh aktivno vključuje v pripravo ukrepov za zmanjšanje onesnaževanja zraka in s tem prispeva svoj delež k prizadevanjem za zmanjšanje vplivov onesnaženega okolja na zdravje ljudi.

LITERATURA:

- ¹ Public health impact of Outdoor Kunzli N, Kaiser R, Medina S et al. (2000). Public-health Impact of Outdoor and Traffic-related Air Pollution: a European Assessment. *Lancet*, 356, pp 795-801
- ² URL: <http://www.epa.gov/airquality/particlepollution/basic.html>, datum ogleda: 22. 7. 2014
- ³ URL: http://www.arso.gov.si/soer/kakovost_zraka.html, datum ogleda: 05. 01. 2015
- ⁴ Uredba o kakovosti zunanjega zraka, UL RS št.09/11
- ⁵ Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2013. Agencija republike Slovenije za okolje, Ljubljana, november 2014
- ⁶ 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
- ⁷ Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2012. Ministrstvo za kmetijstvo in okolje, Agencija RS za okolje, Ljubljana, september 2013
- ⁸ Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2013. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, november 2014.
- ⁹ Ostro B, Feng WY, Broadwin R, Green S, Lipsett M. The effects of components of fine particulate air pollution on mortality in California: results from CALFINE. *Environ Health Perspect.* 2007 Jan; 115 (1): 13-9.
- ¹⁰ Air Quality Guidelines, Global update 2005, Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. WHO, 2006.
- ¹¹ Katsouyanni K., Schwartz J., Spix C., Touloumi G., Zanobetti A., Wojtyniak B., Vonk J.M., Tobias A., Ponka A., Medina S., Bachrova L. and Anderson H.R. (1996). Short Term Effect of Air
- ¹² Hong YC et al. Air pollution: a new risk factor in ischemic stroke mortality. *Stroke*, 2002, 110: 221-228.
- ¹³ Dominici F, Peng RD, Bell LM et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA*, March 8, 2006, vol 295, No 10. 1127-1134.

-
- ¹⁴ Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MM et al. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of US adults; *Am. J Respir. Crit. Care Med.* 1995, 151, 669-674.
- ¹⁵ Libby P, Ridker PM, Maseri A. Inflammation and atherosclerosis; *Circulation* 2002, 105, 1135- 1143.
- ¹⁶ Kunzli N, Jerrett M, Mack J Wendy et al. Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environmental health perspectives*, vol. 113, Number 2, Feb. 2005, 201-206.
- ¹⁷ Hoek G, Brunekreef B, Goldbohm S et al. Association between mortality and indicators of traffic-related air pollution in the Netherlands: a cohort study. *The Lancet*, Vol 360. Oct 19, 2002.
- ¹⁸ URL: <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/home.jsessionid=07092644707B0793566935C9135AF070>, HIA long term impacts.xls (datum ogleda: 17. 6. 2014)
- ¹⁹ URL: http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Dem_soc/Dem_soc.asp (datum ogleda: 22. 7. 2014)
- ²⁰ Agencija Republike Slovenije za okolje, Sektor za kakovost zraka. Podatki pridobljeni po elektronski pošti dne 16. 7. 2014. Pošiljatelj: Podatki so dosegljivi pri avtorjih prispevka.
- ²¹ Podatkovna baza Nacionalnega inštituta za javno zdravje. Podatki pridobljeni po elektronski pošti dne 14. 7. 2014. Pošiljatelj: Pošiljatelj: Podatki so dosegljivi pri avtorjih prispevka.
- ²² Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Celje (Uradni list RS, št. 108/13)
- ²³ Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Kranj (Uradni list RS, št. 108/13)
- ²⁴ Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Maribor (Uradni list RS, št. 108/13)
- ²⁵ Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Novo mesto (Uradni list RS, št. 108/13)
- ²⁶ Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Zasavja (Uradni list RS, št. 108/13)
- ²⁷ Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Murska Sobota (Uradni list RS, št. 88/13)
- ²⁸ Odlok o načrtu za kakovost zraka na območju Mestne občine Ljubljana (Uradni list RS, št. 24/14)