

## A szálló por szennyezettség egészségkárosító hatásának becslése néhány hazai városban

### Health impact assessment of suspended particulate matter in some Hungarian cities

BOBIVOS JÁNOS, SZALKAI MÁRTA, FAZEKAS BALÁZS, PÁLDY ANNA

Országos Környezetegészségügyi Intézet, Budapest  
National Institute of Environmental Health, Budapest, Hungary

**Összefoglalás:** Az EU 2013-at a levegő évének nyilvánította abból a célból, hogy előtérbe helyezze azokat az akciókat, amelyek hozzájárulnak a levegő minőségének javításához az Európai Unióban. A légszennyezés az egyik legfontosabb környezetegészségügyi kockázat, csökkentésével jelentősen mérsékelhető a légzőszervi és kardiovaszkuláris megbetegedések és a tüdőrák globális betegségterhe. A szennyezett levegőjű városokban a halálozás 15-20%-kal magasabb, mint tiszta levegőjű környezetben.

Az emissziós és immissziós adatok értékelése a 2002 óta nem az egészségügy feladata. Tárcánkhoz a levegőszennyezés rövid- és hosszú távú egészségkárosító hatásának becslése és a lakosság tájékoztatása tartozik. A levegőszennyezés hatásainak vizsgálatára környezetegészségügyi hatásbecslést végeztünk nemzetközi módszertan alapján 14 online monitor állomással rendelkező nagyváros (Budapest, Debrecen, Eger, Győr, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Salgótarján, Szeged, Székesfehérvár, Szolnok, Tatabánya, Várpalota, Veszprém) esetében 2005-2010 közötti időszakra. A napi légszennyezettségi adatok az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat online mérőállomás adatbázisából származnak, Egészségi végpontként a külső okok nélküli összes halálozást (BNO-10: A00-R99) vizsgáltuk a teljes városi populációkra. A légszennyezés rövid távú hatását a PM<sub>10</sub>; míg a hosszú távú hatást a PM<sub>2,5</sub> (PM<sub>10</sub> értékekből 0,58-as faktor alkalmazásával származtatott) esetén értékeltük a WHO AirQ2.2 programja és az APHEKOM sokközpontú vizsgálat módszertana szerint. Elemeztük a légszennyezés javítása esetén várható egészségnyereséget többféle scenárió alapján, a rövid távon elkerülhető halálozást a következő esetekben számoltuk: a napi PM<sub>10</sub> határértéket (50 µg/m<sup>3</sup>) meghaladó koncentrációjú napokon a PM<sub>10</sub> csökkentése 50 µg/m<sup>3</sup>-re; az éves PM<sub>10</sub> értékek csökkentése 5 µg/m<sup>3</sup>-el, valamint 20 µg/m<sup>3</sup>-re. Az elkerülhető halálozást és életév nyereséget a következő módon számítottuk: az éves PM<sub>2,5</sub> értékek csökkentése 5 µg/m<sup>3</sup>-el, valamint 10 µg/m<sup>3</sup>-re.

Hazánk levegőminősége 2005-2010 között jelentősen javult, a legkedvezőbb év 2009 volt, amikor sehol nem történt éves határérték túllépés, 2010-ben is csak egy állomáson, a 2005-ben és 2006-ban volt a legmagasabb a szennyezettség. Évente átlagosan 49 fővel csökkent volna a 14 városban a halálozás, ha a határérték feletti napok szennyezettségét 50 µg/m<sup>3</sup>-re sikerült volna csökkenteni. Amennyiben a PM<sub>10</sub> szennyezettség minden nap 5 µg/m<sup>3</sup>-el csökkent volna, Budapesten 67 ember életét lehetett volna megmenteni, míg a kisebb lakosságú városokban (Eger, Salgótarján, Székesfehérvár) 2-2-eset lehetett volna megelőzni; a 14 városban az egészség nyeresége évente 105 főre emelkedett volna. Évente átlagosan 211 halálesetet lehetne elkerülni, ha az éves PM<sub>10</sub> koncentrációt 20 µg/m<sup>3</sup>-re lehetne csökkenteni. A levegőminőség hosszú távú egészségkárosító hatása a PM<sub>2,5</sub> koncentráció csökkentése révén érhető el. A 14 város összességére vonatkozóan megállapítható, hogy a PM<sub>2,5</sub> éves átlagértékek 5 µg/m<sup>3</sup>-el történő csökkentése évente átlagosan kb. 1050 halálesetet előzhetne meg, ami életév nyereségre számolva minden városban kb. 3,5 hónapot jelentene egy 30 éves ember esetében. Amennyiben az éves átlagértékeket 10 µg/m<sup>3</sup>-re tudnák csökkenteni, az összes megelőzhető halálesetek száma átlagosan 1570 esetre emelkedne évente, életév nyereségben kifejezve átlagosan 2,4 hónap (Pécs) és 12,8 hónap (Várpalota) között alakulna ez a továbbélési mutató a városokban.

**Kulcsszavak:** levegőminőség, környezetegészségügyi hatásbecslés, többlethalálozás, életév nyereség

EGÉSZSÉGTUDOMÁNY  
HEALTH SCIENCE

Közlésre érkezett:

Submitted:

Elfogadva:

Accepted March 18 2014

58/3 11-26 (2014.)

58/3 11-26 (2014.)

2014. január 10

January 10 2014

2014. március 18 -

BOBIVOS JÁNOS

OKI

1097 Budapest, Albert F. út 2-6.

e-mail: bobvos.janos@oki.antsz.hu

tel: 36 1- 476-1215

**Abstract:** 2013 was declared the “Year of air” in order to highlight the actions contributing to the improvement of air quality in the European Union. Air pollution is one of the major environmental risk, the global burden of respiratory and cardiovascular diseases as well as lung cancer can be significantly reduced by the decrease of this exposure. It is well known that mortality is by 15-20 per cent higher in cities with high air pollution than in clean cities.

The air quality of the Hungarian cities considerably improved between 2005-2010, it was the best in 2009, when the limit concentrations were not surpassed. The highest air pollution was measured in 2005 and 2006. The evaluation of the emission and immission data has not been the task of the public health authorities since 2002, however the short- and long term health impact assessment of air pollution - with special regard to suspended particulate matter - and the information of the public still belong to the public health system. The health impact assessment of air pollution was carried out for 14 cities (Budapest, Debrecen, Eger, Győr, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Salgótarján, Szeged, Székesfehérvár, Szolnok, Tatabánya, Várpalota, Veszprém) with on-line monitoring stations for the years of 2005-2010 by international methodology. Daily air pollution data were retrieved from the database of the National Air Quality Monitoring Network. All cause mortality with the exception of external causes (ICD-10 A00-R99) of the total population of each city was analysed as health endpoint. For the assessment of the short term impact of air pollution PM<sub>10</sub> data, while for the long term effect PM<sub>2.5</sub> data (computed from the PM<sub>10</sub> data multiplied by a factor of 0.58) were used. The computation was carried out by the WHO AirQ2.2 software and by the APHEKOM methodology. The health gain was assessed by several scenarios; concerning short term effect the health gain was computed if the concentration of PM<sub>10</sub> would have been reduced to 50 µg/m<sup>3</sup> on days when the concentration was higher than the limit value; in case of the reduction of the yearly mean PM<sub>10</sub> concentration by 5 µg/m<sup>3</sup>, respectively to 20 µg/m<sup>3</sup>. The avoidable deaths and gain in life expectancy was computed in case of the reduction of yearly mean PM<sub>2.5</sub> concentration by 5 µg/m<sup>3</sup>, resp. to 10 µg/m<sup>3</sup>.

The air quality of the Hungarian cities considerably improved between 2005-2010, it was the best in 2009, when the limit concentrations were not surpassed. The highest air pollution was measured in 2005 and 2006. Mortality could have been reduced by a mean of 49 deaths per year in the 14 cities if the concentration of PM<sub>10</sub> on days with pollution exceeding daily limit value (50 µg/m<sup>3</sup>) to the limit value. If PM<sub>10</sub> concentration had been reduced by 5 µg/m<sup>3</sup> on each day, on average 105 lives could have been saved yearly. In case of the 3<sup>rd</sup> scenario 211 lives could have been saved yearly in the 14 cities by the reduction of PM<sub>10</sub> to yearly mean of 20 µg/m<sup>3</sup>. The long term health impact could be decreased by the reduction of PM<sub>2.5</sub> concentration. The reduction of PM<sub>2.5</sub> yearly mean concentration by 5 µg/m<sup>3</sup> could save the lives of 1050 people yearly in the 14 cities meaning a gain in life expectancy of 3.5 months for the adult population (>30 years) in each city. If the yearly mean PM<sub>2.5</sub> concentration could be reduced to 10 µg/m<sup>3</sup> the number of avoidable deaths would be 1570 cases yearly in average for the 14 cities meaning a gain of life expectancy between 2.4 months (in Pécs) and 12.8 months (in Várpalota).

**Key words:** air quality, environmental health impact assessment, excess mortality, gain in life expectancy

## Bevezetés

Az EU 2013-at a levegő évének nyilvánította abból a célból, hogy előtérbe helyezze azokat az akciókat, amelyek hozzájárulnak a levegő minőségének javításához az Európai Unióban. Európa lakosságának több mint 80%-a a WHO Levegőminőségi Ajánlásai (1) szerinti PM koncentráció feletti légszennyezettségnek van kitéve. A legújabb tanulmányok bizonyítékokat szolgáltatnak arra, hogy a WHO jelenleg ajánlott éves PM<sub>2.5</sub> határérték (10 µg/m<sup>3</sup>) alatti koncentráció is kockázatot jelent a halálozás szempontjából. A jelenlegi kültéri levegőre vonatkozó határérték a kétszerese a WHO ajánlásnak, ezért szükséges az EU direktíva felülvizsgálata.

A légszennyezés az egyik legfontosabb környezetegészségügyi kockázat, csökkentésével jelentősen mérsékelhető a légzőszervi és kardiovaszkuláris megbetegedések és a tüdőrák globális betegségterhe. A szennyezett levegőjű városokban a halálozás 15-20%-kal magasabb, mint tiszta levegőjű környezetben. Az Európai Unióban az átlagos várható élettartam 8,6 hónappal kevesebb az antropogén eredetű PM<sub>2.5</sub> szennyezés következtében (APHEKOM - Improving Knowledge and Communication for Decision Making on Air Pollution and Health in Europe (2)).

A szálló por egészségkárosító hatásával kapcsolatban egyre több eredményt közölnek a nemzetközi irodalomban. *Pope és Dockery* 2006-ban megjelent cikke (3) összefoglalja a legfontosabb hatásokat: romlik az agy és a szív oxigén ellátása, ritmuszavar léphet fel. A kis szemcseméretű részecskék a tüdőszövetben gyulladásoz reakcióz váltanak ki, oxidatív stressz alakul ki, fellángolnak a krónikus aspecifikus légzőszervi betegségek, csökkent tüdőfunkció. Fokozódik a vér alvadékonysága, perifériás trombózis keletkezhet, emellett szisztémás gyulladásoz és oxidatív stressz tünetek is kialakulnak.

A  $PM_{10}$  rövid távú - napi átlagokhoz kapcsolódó - populációs szintű egészségkárosító kockázati értékeit európai viszonylatban az APHEA2 (Air Pollution and Health: A European Approach) sokközpontú vizsgálat (4) állapította meg a hosszú távú, krónikus hatást *Künzli* (5) vizsgálta, a  $PM_{2,5}$  hosszú távú hatásait *Pope* (6) határozta meg. Ezek szerint  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  alapszinthez viszonyítva  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  napi koncentráció felett (szmogriadó, riasztási küszöbérték) legalább 6 %-kal nő meg az összes halálok miatti halálozás és 9 %-kal a szív- és érrendszeri betegségek miatti halálozás. A vizsgálatok kimutatták, hogy hasonló szálló por koncentráció esetén 10%-kal nő az idült légzőszervi betegségek és asztma miatti kórházi betegfelvételek száma is.

Közismert tény, hogy hazánkban egyre több gondot jelent a levegő szálló por szennyezettsége, elsősorban a fűtési időszakban. Az utóbbi években a gazdasági válság következtében fő szálló por ( $PM_{10}$ ) kibocsátó forrássá léptek elő a szilárd tüzelőanyag elégetésével járó folyamatok, ezek közül is kiemelkedően a lakossági tüzelés. Emellett továbbra is jelentős a közúti közlekedés, kiemelten a dízel üzemű járművek részecskék kibocsátása. Az Országos Környezetegészségügyi Intézet környezetegészségügyi hatásbecslést végzett Budapestre, légszennyezettségi mérőállomással felszerelt 13 megyeszékhelyre és Várpalotára a hazai légszennyezettség rövid- és hosszú távú egészségkárosító hatásának meghatározására.

### Adatok és módszerek

A városok napi légszennyezettségi adatai az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat - OLM (7) - on-line mérőállomás adatbázisából származnak a 2005-2010 évekre. Azon városokban, ahol több mérőállomás adatsorai álltak rendelkezésre, a városi háttérállomásokat vettük figyelembe, mivel ezek az értékek jobban reprezentálják a teljes városi lakosság expozícióját. Egészségi végpontként a külső okok nélküli összes halálozást (BNO-10: A00-R99) vizsgáltuk a teljes városi populációkra. A légszennyezés rövid távú hatását a  $PM_{10}$  míg a hosszú távú hatást a  $PM_{2,5}$  ( $PM_{10}$  értékekből 0,58-as faktor alkalmazásával származtatott) esetén értékeltük a WHO AirQ2.2 (8) programja és az APHEKOM sokközpontú vizsgálat módszertana szerint (9). Az eredményeket abszolút számban és 100 000 főre számítva adták meg.

Elemzett városok: Budapest, Debrecen, Eger, Győr, Miskolc, Nyíregyháza, Pécs, Salgótarján, Szeged, Székesfehérvár, Szolnok, Tatabánya, Várpalota, Veszprém. Az adatok forrása: PM<sub>10</sub> napi átlagértékek, több állomás esetén a városi háttér állomások adatai, kivéve Szeged, ahol csak egy állomás működött 2005-2010 között. A légszennyezés javítása esetén várható egészségnyereséget többféle scenárió alapján elemeztük.

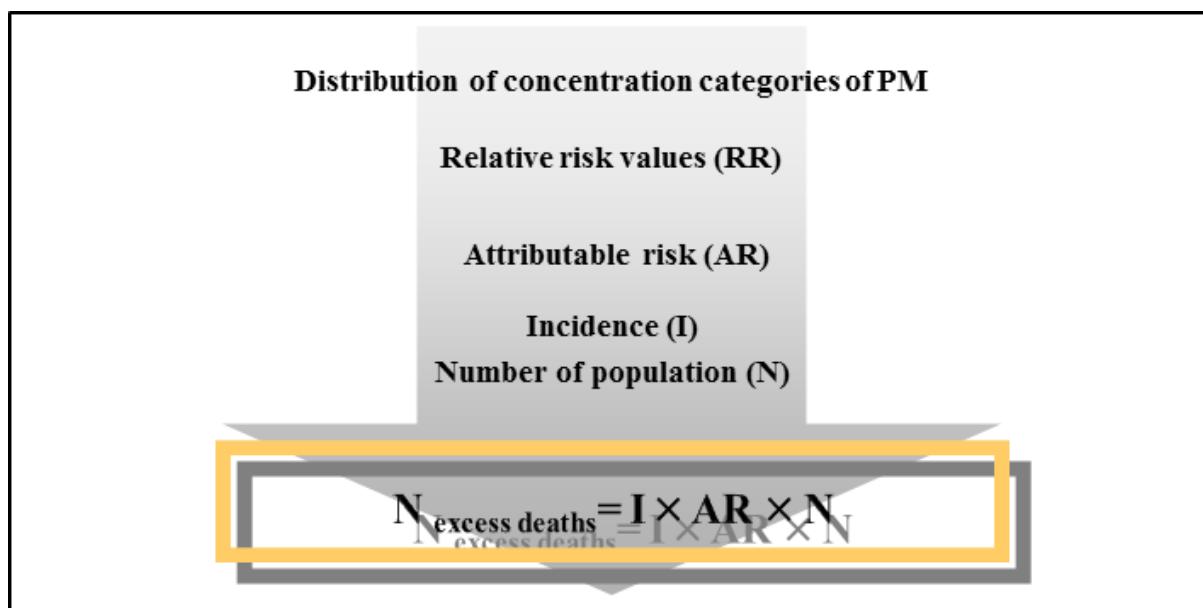
Az elkerülhető halálozás számítása a rövid távú scenáriók szerint:

- A napi PM<sub>10</sub> határértéket (50 µg/m<sup>3</sup>) meghaladó napok csökkentése 50 µg/m<sup>3</sup>-re
- Az éves PM<sub>10</sub> értékek csökkentése 5 µg/m<sup>3</sup>-el,
- Az éves PM<sub>10</sub> értékek csökkentése 20 µg/m<sup>3</sup>-re
- Az elkerülhető halálozás és életév nyereség számítása a hosszú távú scenáriók szerint:
- Az éves PM<sub>2,5</sub> értékek csökkentése 5 µg/m<sup>3</sup>-el
- Az éves PM<sub>2,5</sub> értékek csökkentése 10 µg/m<sup>3</sup>-re

A levegőszennyezettségnek tulajdonítható többlet halálesetek számítási módszere az 1. ábrán látható. A különböző scenáriók esetén alkalmazott relatív kockázatok értékeit az I. táblázat tartalmazza.



**1. ábra:** A levegőszennyezettségnek tulajdonítható többlet halálesetek számítási módszere



**Fig. 1:** Calculation of excess number of deaths due to air pollution

**I. TÁBLÁZAT: A különböző scenáriók esetén alkalmazott relatív kockázatok értékei**

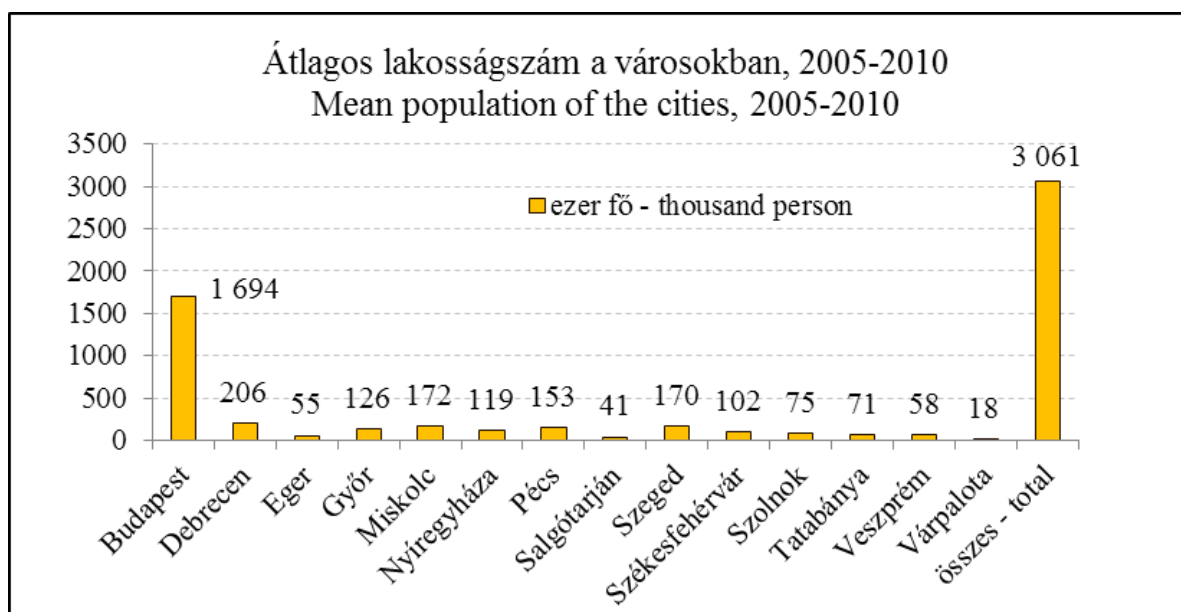
Szenárió	PM mérték	Egészségi végpont	Kor	RK (10 µg/m <sup>3</sup> )	Referencia
PM <sub>10</sub> csökkentése > 50 = 50 µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> napi átlag	külső ok nélküli teljes halálozás	0-100	1,006 [1,004-1,008]	WHO, 2004 (10)
PM <sub>10</sub> csökkentése 5 µg/m <sup>3</sup> -el 20 µg/m <sup>3</sup> -re	PM <sub>10</sub> napi átlag	külső ok nélküli teljes halálozás	0-100	1,006 [1,004-1,008]	WHO, 2004 (10)
PM <sub>2,5</sub> csökkentése 5 µg/m <sup>3</sup> -el 10 µg/m <sup>3</sup> -re	PM <sub>2,5</sub> éves átlag	külső ok nélküli teljes halálozás	30+	1,06 [1,02-1,11]	Pope et al. 2002 (11)

**TABLE I: The relative risk values of different scenarios**

Scenario	PM measure	Health endpoint	Age	RR (10 µg/m <sup>3</sup> )	Reference
PM <sub>10</sub> decrease > 50 = 50 µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> daily mean	total non-external mortality	0-100	1.006 [1.004-1.008]	WHO, 2004 (10)
PM <sub>10</sub> decrease by 5 µg/m <sup>3</sup> to 20 µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> daily mean	total non-external mortality	0-100	1.006 [1.004-1.008]	WHO, 2004 (10)
PM <sub>2,5</sub> decrease by 5 µg/m <sup>3</sup> to 10 µg/m <sup>3</sup>	PM <sub>2,5</sub> yearly mean	total non-external mortality	30+	1.06 [1.02-1.11]	Pope et al. 2002 (11)

## Eredmények

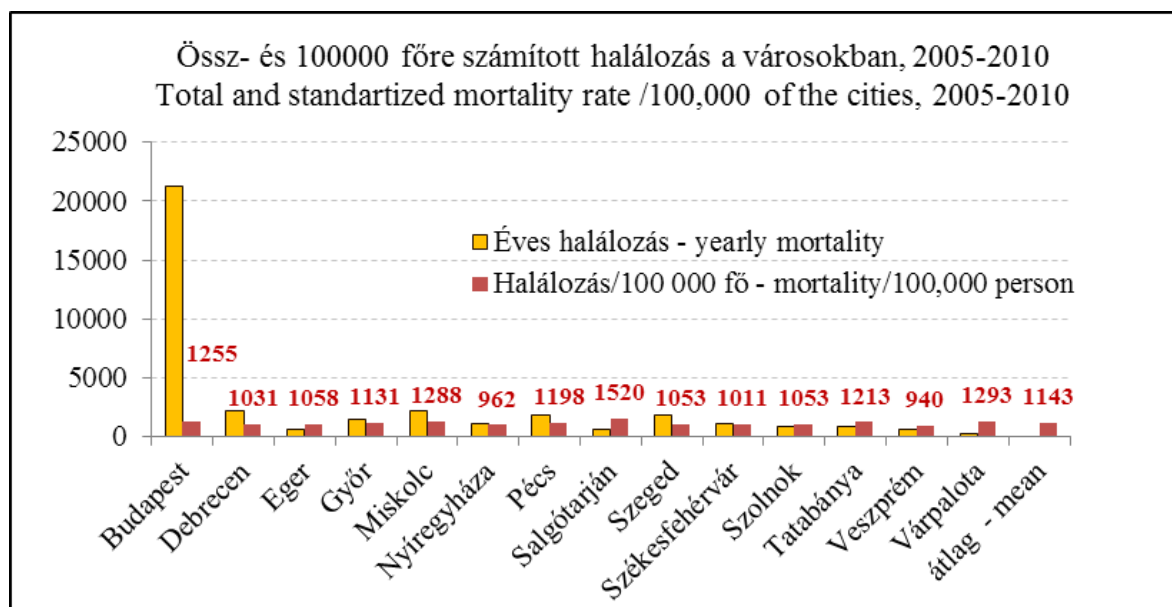
Az elemzésben szereplő 14 város összlakossága meghaladta a 3 millió főt, amely hazánk lakosságának több mint 30%-a (2. ábra).



2. ábra: Az értékelésben szereplő városok átlagos lakossága

Fig. 2: The number of inhabitants in the cities involved in the assessment

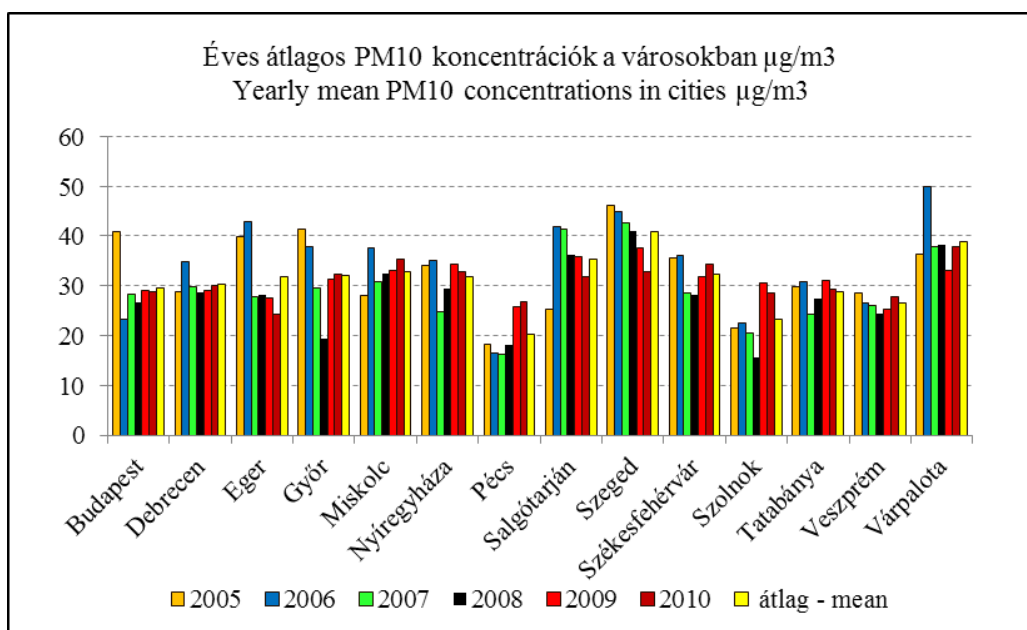
A százezer főre számított éves halálozás 940 (Veszprém) és 1520 (Salgótarján) között változtak (3. ábra). A 14 város átlaga 1143 fő.



3. ábra: Az értékelésben szereplő városok éves átlagos összhálaózása és a halálozás százezer főre számított arányszámái

Fig. 3: Yearly mean mortality and the mean rate of mortality per 100,000 in the involved cities

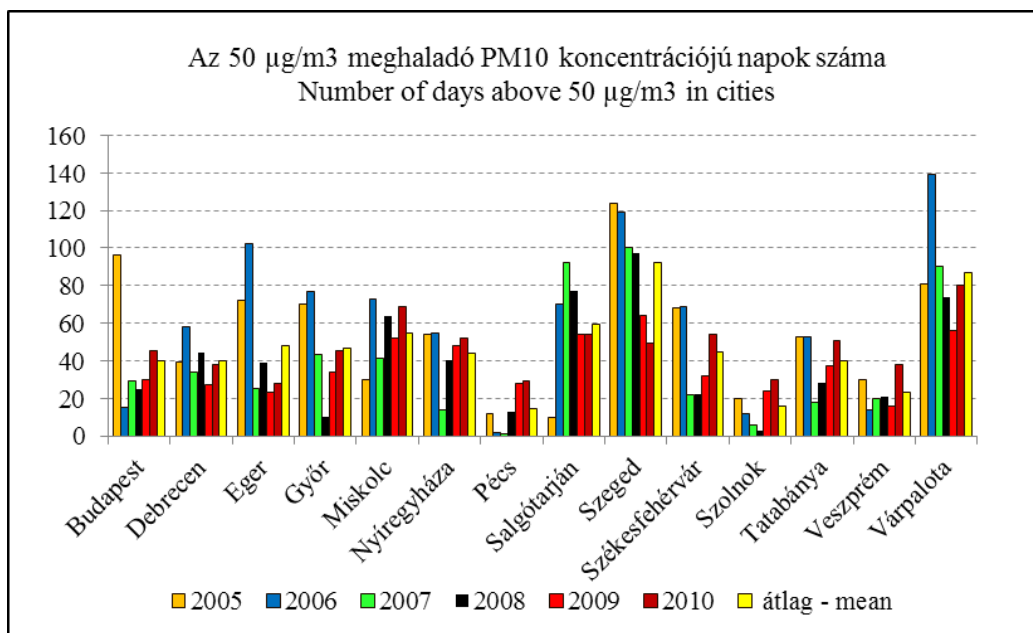
A vizsgált időszakban városi háttér állomásokon mért éves  $PM_{10}$  átlagértékek  $15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Szolnok, 2009) és  $49,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Várpalota, 2006), a hatéves átlagértékek  $20,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Pécs) és  $40,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Szeged) között változott (4. ábra).



4. ábra: Az értékelésben szereplő városok éves átlagos  $PM_{10}$  koncentráció értékei

Fig. 4: The yearly mean  $PM_{10}$  concentrations of the involved cities

Évente a napi határértéket ( $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) meghaladó napok száma a 14 városban átlagosan 49, legkevesebb (1 nap) Pécsen volt 2008-ban, legtöbb (139 nap) Várpalotán volt 2006-ban ().



5. ábra: Az értékelésben szereplő városokban a napi határértéket meghaladó napok száma

Fig. 5: Number of days with  $PM_{10}$  concentration above the daily limit value in cities



A szálló por szennyezettség csökkentésének rövid távú hatásait figyelembe véve évente a  $PM_{10}$  napi határérték feletti koncentrációjú napokon a többlethalálozás 2005-ben volt a legmagasabb, abszolút számban Budapesten, ahol 86 többlethalálestet okozott a légszennyezés, míg Salgótarjánban és Szolnokon 1-1 ember halálestét lehetett volna elkerülni. (II. táblázat)

II. TÁBLÁZAT: A  $PM_{10}$  csökkentésével elkerülhető halálozás a különböző rövid távú scenáriók esetén

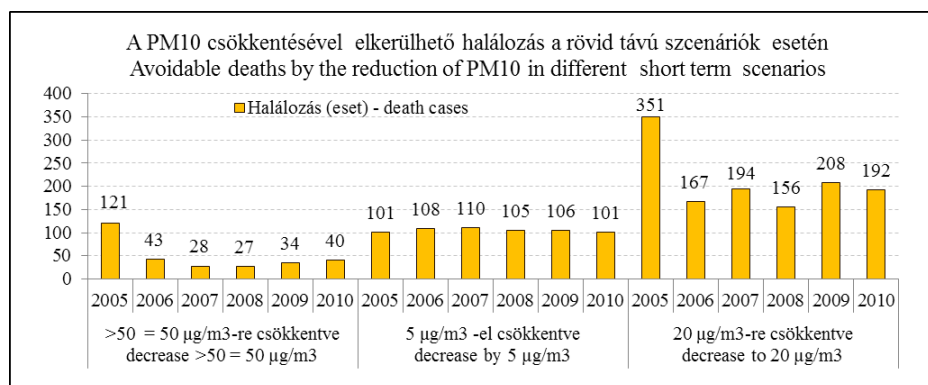
TABLE II: Avoidable deaths cases by reduction of  $PM_{10}$  in different short term scenarios

PM10		Budapest	Debrecen	Eger	Győr	Miskolc	Nyíregyháza	Pécs	Salgótarján	Szeged	Székesfehérvár	Szolnok	Tatabánya	Veszprém	Várpalota
50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ feletti csökkentve 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -re >50 = 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2005	86,5	3,5	1,9	6,5	1,8	3,0	0,9	0,1	10,9	2,6	0,4	2,0	0,8	
	2006	6,5	4,7	2,3	4,1	4,4	3,7	0,1	2,5	7,5	2,3	0,2	1,2	1,3	1,8
	2007	12,9	1,2	0,3	1,5	2,0	0,4	0,0	1,5	6,0	0,6	0,1	0,5	0,3	0,7
	2008	7,4	2,8	0,5	0,2	3,1	2,6	0,5	1,1	5,9	0,8	0,0	0,5	0,5	0,8
	2009	11,8	2,7	0,4	0,9	4,0	2,8	2,5	0,8	4,6	1,3	0,5	0,9	0,7	0,4
	2010	15,8	2,1	0,3	1,7	5,6	2,5	1,3	0,7	3,0	2,5	0,7	1,2	1,4	0,9
5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -mal csökkentve decrease by 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2005	66,7	6,4	1,8		6,8	3,5	5,5	1,8	5,4	0,7	2,4	0,5		
	2006	64,4	6,0	1,6	4,2	6,7	3,4	5,5		5,4	3,2	2,4	2,7	1,5	0,8
	2007	64,3	6,9	1,8	4,5	6,7	3,4	5,6	2,4	5,4	2,3	2,4	2,5	1,7	0,7
	2008	61,6	7,0	1,7	4,2	6,4	3,3	5,8	1,9	5,2		2,4	2,6	1,7	0,7
	2009	62,0	5,8	1,9	4,3	6,4	3,3	5,4	1,7	5,5	1,8	2,4	2,5	1,7	0,6
	2010	61,9	6,0	1,7		6,4	3,5	5,8	1,7	5,1	1,3	2,5	2,4	1,7	0,7
20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -re csökkentve decrease to 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	2005	278,0	11,3	7,2		10,9	9,9		1,9	28,0	1,5	0,7	1,4		
	2006	42,4	17,9	7,5	14,8	23,8	10,2			26,6	10,2	1,2	5,9	1,9	4,8
	2007	108,2	13,4	2,8	8,5	14,5	3,2		10,0	24,6	1,6	0,3	2,1	2,0	2,7
	2008	82,6	12,0	2,8	0,0	16,0	6,3		6,0	21,9		0,0	3,9	1,6	2,7
	2009	111,4	10,5	2,9	9,7	16,7	9,6	6,4	5,3	19,5	1,6	5,2	5,5	1,8	1,7
	2010	108,9	12,1	1,5		19,5	9,1	7,9	4,0	13,1	1,6	4,2	4,5	2,6	2,7

A levegőminőség hosszú távú egészségkárosító hatásának mérséklése a  $PM_{2,5}$  koncentráció csökkentése révén számítható. A II. táblázat szerint mindkét scenárió alapján jelentős lenne a hosszú távú nyereség: a  $PM_{2,5}$  éves átlagkoncentrációjának 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -rel való csökkentése évente 588-692 ember életét mentené meg Budapesten, a legkevesebb lakosú városban, Várpalotán 6-7 halálest elözhető meg. A legnagyobb egészségnyereség a WHO által javasolt éves határérték bevezetése esetén lenne elérhető: Budapesten 520-1760, míg Várpalotán 16-33 fő életét lehetne megmenteni.

Évente átlagosan 49 fővel csökkent volna a 14 városban a halálozás, ha a határérték feletti napok szennyezettségét 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -re sikerült volna csökkenteni. Amennyiben a  $PM_{10}$  szennyezettség minden nap 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -el csökkent volna, Budapesten 62-67 ember életét lehetett volna megmenteni, míg a kisebb lakosságú városokban (Eger, Salgótarján, Székesfehérvár) 2-2-eset lehetett volna megelőzni. A 14 városban összesen az egészségnyereség évente 105 főre emelkedett volna. Ha az éves átlagérték 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  lenne, az egészségnyereség Budapesten, a legszennyezettebb évet alapul véve 278 fő lett volna. A 14 városban évente átlagosan 211 halálestet kerülhetünk volna el ennél a scenáriónál (6. ábra).

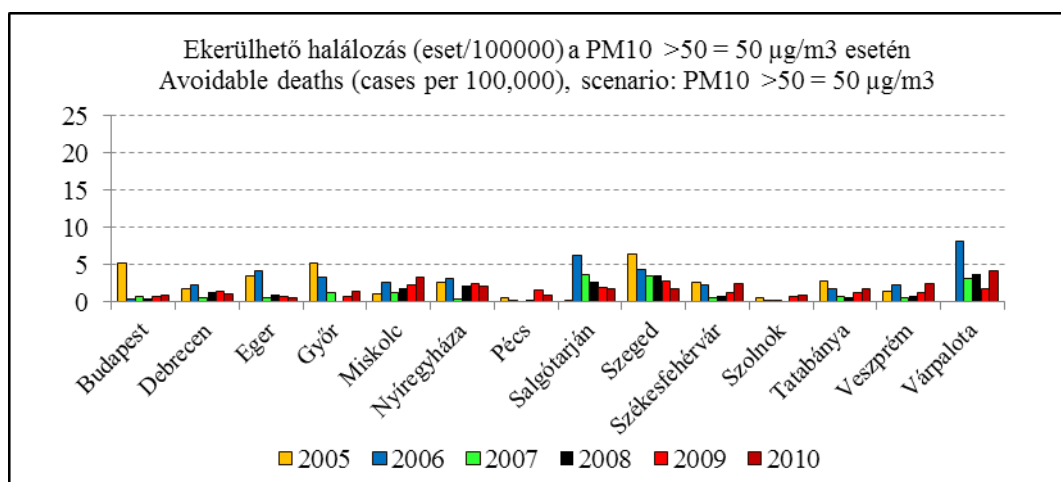


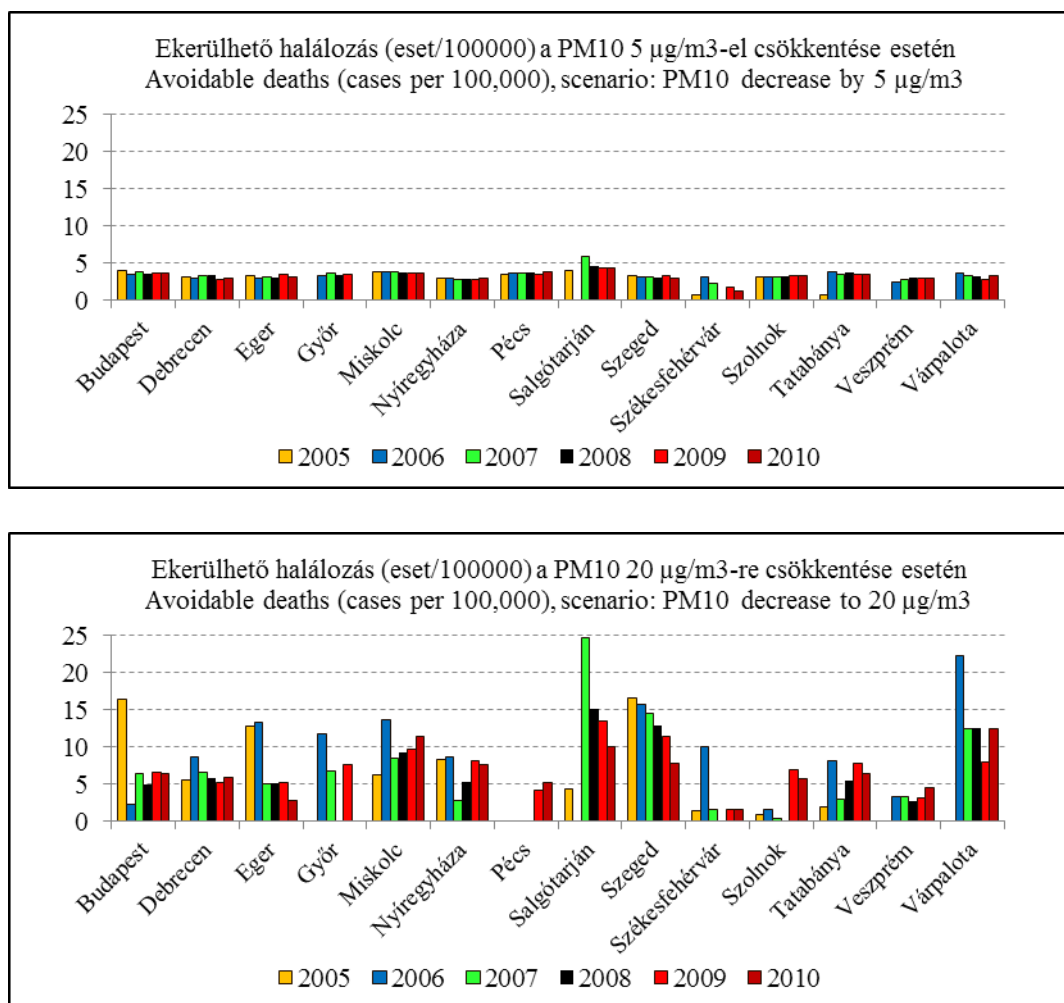


6. ábra: A PM10 csökkentésével elkerülhető halálozás a különböző rövid távú scenáriók esetén

Fig 6: Avoidable deaths by the reduction of PM10 in different short term scenarios

Az egészségnyereséget jobban össze lehet vetni a halálozási arányszámok alapján 100 000 főre vetítve. A 7. ábra alapján látható, hogy a legszennyezettebb 2005-ös évben a napi határérték feletti szennyezetségi napokon a többlethalálozási arány Szegeden volt a legmagasabb (8/100 000), Budapesten és Győrött 5/100 000), a legalacsonyabb arány minden évben Szolnokon volt megfigyelhető, 0-4-0,7/100 000 fő). Az 5 µg/m<sup>3</sup>-rel való csökkentés általában 100 000 főre vonatkoztatva 3-4 ember életét mentené meg. Ha 20 µg/m<sup>3</sup> lenne az éves átlagkoncentráció, akkor 100 000 főre átszámítva Salgótarjánban 25, Várpalotán 23, Budapesten 16 halálesetet lehetne elkerülni a legszennyezettebb évek adatai alapján.





7. ábra: A PM<sub>10</sub> csökkentésével elkerülhető 100000 főre számított halálozási arányszám a különböző rövid távú scenáriók esetén

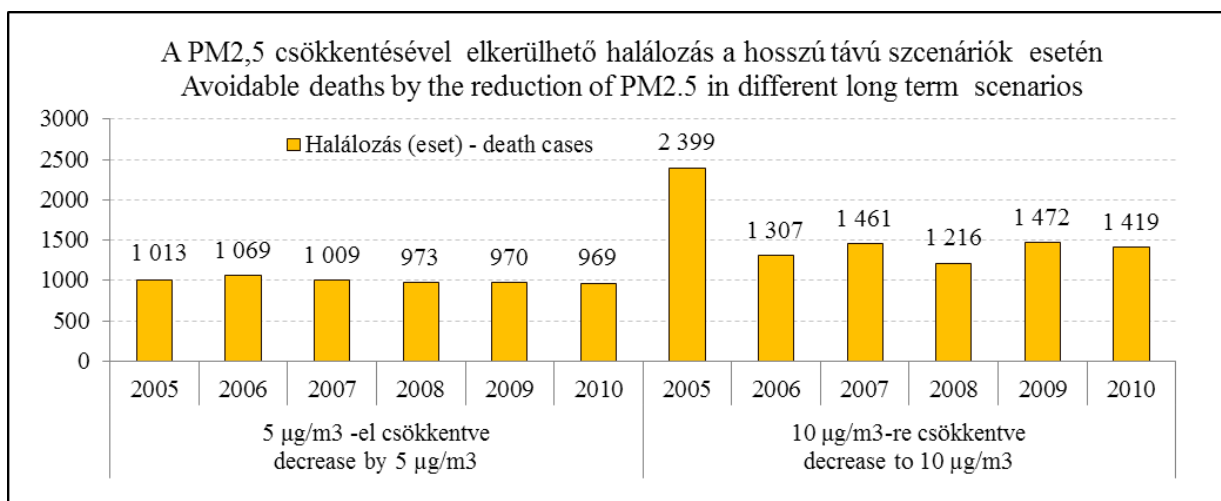
Fig 7: Avoidable deaths per 100,000 by the reduction of PM<sub>10</sub> in different short term scenarios

### III. TÁBLÁZAT: A PM<sub>2,5</sub> csökkentésével elkerülhető halálozás a különböző hosszú távú scenáriók esetén

TABLE III: Avoidable death cases by the reduction of PM<sub>2,5</sub> by different long term scenarios

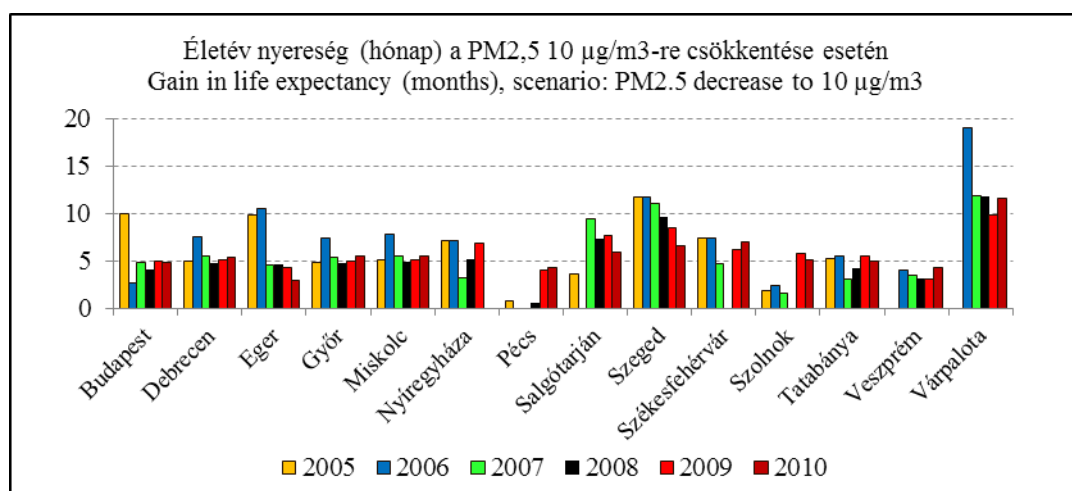
PM2,5		Budapest	Debrecen	Eger	Győr	Miskolc	Nyíregyháza	Pécs	Salgótarján	Szeged	Székesfehérvár	Szolnok	Tatabánya	Veszprém	Várpalota
5 µg/m <sup>3</sup> -mal csökkentve decrease by 5 µg/m <sup>3</sup>	2005	638,4	60,6	17,3	38,9	64,7	33,4	52,2	17,1	51,4	27,6	22,8	25,4	15,2	
	2006	692,2	57,5	15,6	40,0	64,5	32,5	52,7	16,4	51,3	30,1	21,7	25,9	13,8	7,0
	2007	615,0	65,4	16,9	43,1	63,7	32,0	53,2	22,5	52,1	28,8	22,7	24,2	15,9	6,4
	2008	588,8	66,7	16,1	40,6	61,1	31,9	55,6	17,9	49,7	29,1	22,2	25,0	16,5	6,9
	2009	594,1	55,3	18,1	41,4	60,9	31,7	51,9	16,0	52,8	29,7	23,2	24,0	16,7	6,1
	2010	592,9	57,2	16,6	41,0	64,3	31,6	55,5	16,1	49,0	30,4	23,4	23,3	15,9	7,2
10 µg/m <sup>3</sup> -re csökkentve decrease to 10 µg/m <sup>3</sup>	2005	1758,7	84,8	45,7	54,5	90,6	66,8	11,2	16,9	170,6	59,9	12,2	38,1		
	2006	519,7	119,6	46,5	83,1	134,0	68,3			163,5	66,8	14,3	42,0	15,7	33,0
	2007	828,5	98,2	21,6	64,7	95,6	29,5		62,8	153,5	39,2	9,8	20,7	16,8	20,5
	2008	674,7	90,6	21,3	55,2	83,1	46,7	9,1	39,8	137,6			30,5	14,6	22,3
	2009	838,9	78,8	22,7	59,0	86,8	64,5	57,4	35,0	126,6	51,4	37,2	39,5	16,2	15,8
	2010	824,9	88,5	14,5	63,5	99,5	39,8	67,9	27,9	90,9	60,9	32,1	33,5	20,1	22,9

A 14 város összességében vizsgálva a hosszú távú hatásokat megállapítható, hogy a  $PM_{2,5}$  éves átlagértékek  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -el történő csökkentése évente átlagosan kb. 1000 halálesetet előzhetne meg (8. ábra). Az elkerülhető halálozás életév nyereségre számolva minden városban kb. 3,5 hónapot jelentene egy 30 éves ember esetében. Amennyiben az éves átlagértékeket  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re tudnánk csökkenteni az összes megelőzhető halálesetek száma átlagosan 1550 esetre emelkedne évente, életév nyereségben kifejezve átlagosan 2,4 hónap (Pécs) és 12,8 hónap (Várpalota) között alakulna ez a továbbélési mutató a városokban (9. ábra).



**8. ábra:** A 14 városban a  $PM_{2,5}$  csökkentésével elkerülhető halálozás a különböző hosszú távú scenáriók esetén

**Fig. 8:** Avoidable deaths in the average of the 14 cities by the reduction of  $PM_{2,5}$  by different long term scenarios

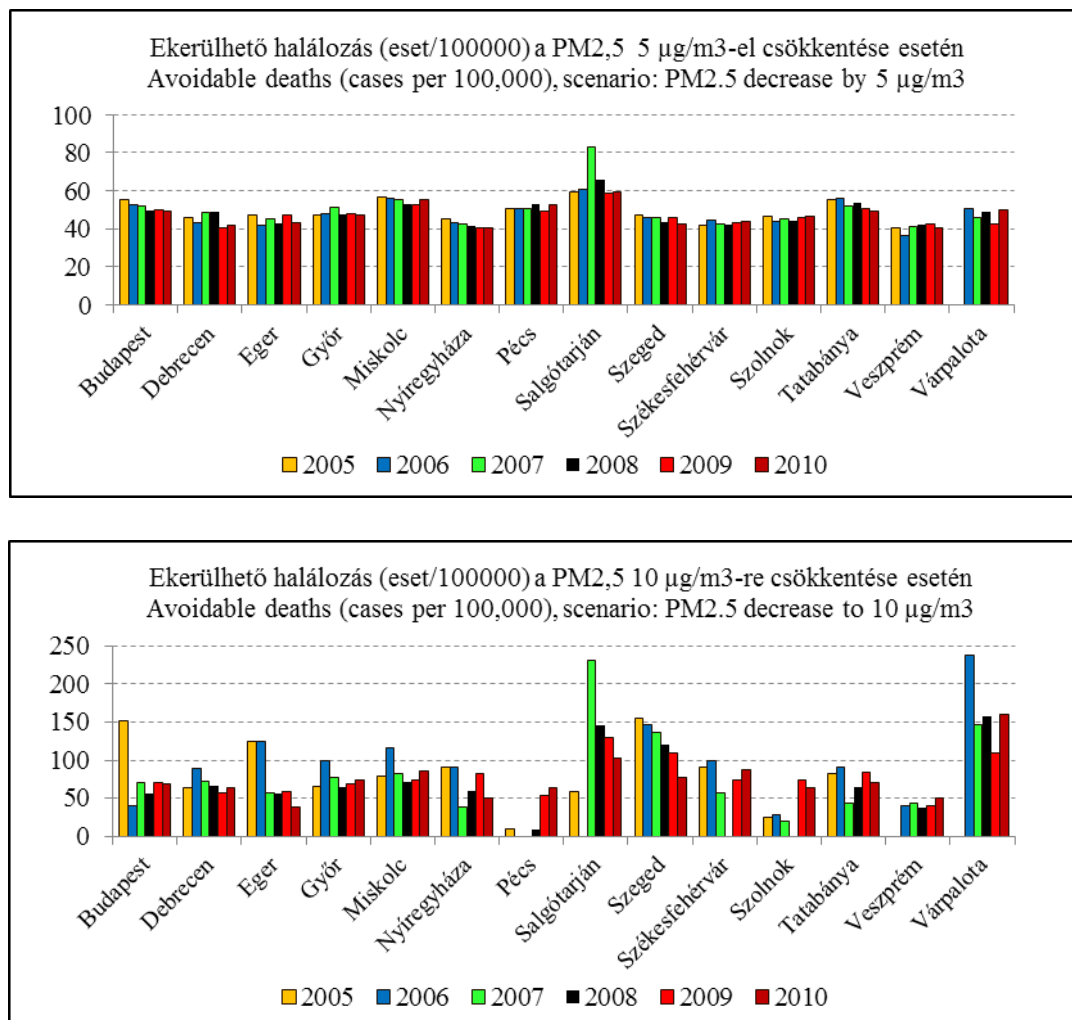


**9. ábra:** Életév nyereség az éves  $PM_{2,5}$  koncentráció  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re csökkentése esetén

**Fig. 9:** Gain in life expectancy by the reduction of yearly mean concentration of  $PM_{2,5}$  to  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

A 10. ábra városonként, 100000 főre vonatkoztatva mutatja be a lehetséges egészségnyereséget. 2007. Salgótarján kivételével az  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -el való  $PM_{2,5}$  koncentráció

csökkentés a városokban évente hasonló arányban csökkentené a halálozást: 100 000 főre vonatkoztatva 40-60 haláleset lenne megelőzhető. A  $PM_{2,5}$  éves határérték szigorítása esetén a legnagyobb arányú egészségnyereséget Salgótarjánban, Várpalotán, Szegeden és Budapesten lehetne elérni: 150- 230 eset 100 000 főre vonatkoztatva.



**10. ábra:** A  $PM_{2,5}$  csökkentésével elkerülhető 100 000 főre számított halálozási arányszám a különböző hosszú távú scenáriók esetén

**Fig. 10:** Avoidable deaths per 100,000 by the reduction of  $PM_{2,5}$  concentration by different scenarios

## Megbeszélés

A WHO az Air Quality Guidelines (Levegőminőségi Ajánlások) című kiadványát 1987-ben jelentette meg először, majd 2000-ben és 2005-ben frissítette (10). 2013-ban kiadták a levegőszennyezés egészségi vonatkozásait alátámasztó bizonyítékok felülvizsgálatát (1). Ebben a tanulmányban egy nemzetközi szakértői csoport szisztematikusan felülvizsgálta a 2005. után megjelent közleményeket.

A  $PM_{2.5}$  és  $PM_{10}$  rövid távú egészségkárosító hatásaira is egyre több a bizonyíték 2005 óta (11, 12). Több új, sok várost magában foglaló vizsgálat megerősítette a korábbi összefüggést (0,4–1%) halálozás növekedés  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$   $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  növekedés esetén (13, 14).

A kórházi betegfelvételekkel való összefüggés új bizonyítékát *Brook és mtsai* írták le (11). Szignifikáns összefüggést találtak az ischaemiás szívbetegségek, a szívelégtelenség, cerebrovasculáris betegségek miatti sürgősségi betegfelvételek és a  $PM_{2.5}$  szennyezettség között (11,12,15,16).

A  $PM_{2.5}$  hosszú távú egészségkárosító hatásaival kapcsolatban is számos új, illetve a korábbi eredményeket megerősítő közlemény jelent meg. Például egy holland kohorsz vizsgálat megerősítette, hogy a  $PM_{2.5}$  szennyezés 6%-kal növeli a természetes halálokok miatti halálozást  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ -enként (17), az eredmény megegyezik a korábbi USA eredményekkel (6). Egy nagy norvég ökológiai vizsgálat bebizonyította, hogy a  $PM_{2.5}$  expozíció növeli a szív- érrendszeri betegségek miatti halálozást is (18).

Az ischaemiás szívbetegségek, a szívizom elektromos vezetőképessége szintén függ a külső levegő  $PM_{2.5}$  koncentrációjától (11). A  $PM_{2.5}$  hosszú távú expozíciója hatására kimutathatók az érelmeszesedés korai biomarkerei is (erek falának megvastagodása, coronariák meszesedése (19, 20). Ezek a tünetek a  $PM_{2.5}$  hosszú távú expozíció (forgalmas utaktól való távolság) viszonylatában voltak kimutathatók (21, 22, 23).

Arra is van bizonyíték, hogy a légszennyezés összefügg a gyermekek idegrendszeri fejlődésével, sőt a gyermekkori diabetes kialakulásával is, felnőtt korban idegrendszeri zavarokat idézhet elő (12). A cukorbetegséggel való összefüggést az első közlés óta (24) egyre erősebb bizonyítékok támasztják alá, például német és dán epidemiológiai vizsgálatok (25, 26, 27). Az idegrendszeri elváltozások például a kognitív funkciók károsodásában nyilvánulnak meg mind felnőttek, mind gyermekek körében (28, 29).

A 2005-ben elindított születési kohorsz vizsgálatok szignifikáns kapcsolatot tártak fel kisgyermekek körében a  $PM_{2.5}$  és a légúti fertőzések és asztma között (21, 30, 31, 32). A szálló por szennyezés kedvezőtlenül befolyásolja a várandósságok kimenetelét is, magas  $PM_{2.5}$  koncentráció esetén nagyobb az esély a koraszülésre, alacsony születési súlyra (33).

Az EC Új Népegészségügyi Program keretében megvalósult APHEKOM (A levegőszennyezéssel és egészségi hatással kapcsolatos döntéshozatalhoz szükséges ismeretek és kommunikáció fejlesztése Európában 2008-2011.) projekt célkitűzése szerint Európa 26 nagyvárosában becsülték a légszennyezés egészségi hatását a 2004-2006-os évek adatai alapján. Kidolgozták továbbá az egészséghatás becslés módszertanát is. A résztvevő 26 európai főváros 33 millió lakosának adatai alapján megállapították, hogy a  $PM_{2.5}$ -re vonatkozóan a WHO Air Quality Guidelines ( $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) feletti éves átlagérték esetén évente

19 000 ember (ebből 15 000 fő szív- érrendszeri betegség miatti) halálához járul hozzá a szennyezett levegő.

Az APHEKOM vizsgálatban a városi háttérállomások légszennyezettségi adatait használták fel, mert ezek a mérési adatok jellemzik egy város teljes lakosságának expozícióját. Meg kell jegyezni, hogy a légszennyezés hatása viszonylag kisebb egyéni szinten. Mivel a teljes populáció ki van téve a légszennyezés hatásának, ezért populációs szinten jelentős közegészségügyi teherrel kell számolni. A számítások azt bizonyítják, hogy a légszennyezés csökkentése nagyszámú lakosságcsoportra nézve kedvező hatású. Hazánk Budapest adataival vett részt a vizsgálatban, az eredmények az APHEKOM honlapján olvashatók (34).

Szükségesnek tartottuk, hogy a 2006. utáni időszakban is megvizsgáljuk a szálló por lehetséges rövid- és hosszú távú egészségkárosító hatását, ezért az APHEKOM módszertant alkalmazva elvégeztük a számításokat a 2005-2010. közötti időszakra Magyarország 14 online monitor állomással rendelkező városára vonatkozóan.

A rövid távú légszennyezést javító intézkedések hatását a három scenárió (a határértéket meghaladó napok csökkentése, a napi  $PM_{10}$  koncentráció csökkentése  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -rel, ill.  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -re) szerint vizsgálva az egészség nyereség ez utóbbi esetben a nagyobb, a 14 városban évente 150-350 ember életét mentené meg. A hosszú távú hatást értékelve jelentősebb emberélet nyereség származna abból, ha az éves  $PM_{2,5}$  átlagkoncentráció a WHO ajánlás szerinti  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lenne, ezáltal évente 1 220-2 400 életet lehetne megmenteni. A légszennyezettséget csökkentő intézkedések folytatása továbbra is indokolt az ágazatközi  $PM_{10}$  csökkentési intézkedési program keretében.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A vizsgálat a Take a Breath / TAB Central Europe Programme 2007-2013 című, 3CE356PE kódszámú projekt támogatásával készült.

## IRODALOM

## REFERENCES

1. "Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP" interim results <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2013/review-of-evidence-on-health-aspects-of-air-pollution-revihaapinterim-report>
2. Summary report of the Aphekom project 2008-2011. [http://www.invs.sante.fr/presse/2011/communiqués/cp\\_aphekom\\_010311/Aphekom\\_summary\\_report.pdf](http://www.invs.sante.fr/presse/2011/communiqués/cp_aphekom_010311/Aphekom_summary_report.pdf) (accessed 19.12.2013)
3. Pope CA 3rd, Dockery DW: Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. J Air Waste Manag Assoc 2006. 56(6):709-42.



4. *Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, et al:* Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology* 2001.5:521–31
5. *Künzli N, Kaiser R, Medina S, et al:* Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2002. 2.356(9232).795-801.
6. *Pope CA 3rd, Burnett RT, Thun MJ, et al:* Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama* 2002. 287(9).1132-41.
7. Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat: <http://www.kvvm.hu/olm/map.php>
8. Tools for health impact assessment of air quality: the AirQ 2.2 software <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/tools-for-health-impact-assessment-of-air-quality-the-airq-2.2-software>
9. Aphekom - Health impact assessment of air pollution <http://www.aphekom.org/web/aphekom.org/publications>
10. WHO Air Quality Guidelines - Global update 2005 [http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/outdoorair\\_aqg/en/index.html](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/index.html)
11. *Brook RD, Rajagopalan S, Pope CA 3rd, et al:* American Heart Association Council on Epidemiology and Prevention, Council on the Kidney in Cardiovascular Disease, and Council on Nutrition, Physical Activity and Metabolism. Particulate matter air pollution and cardiovascular disease: An update to the scientific statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2010. 1;121(21).2331-78. doi: 10.1161/CIR.0b013e3181d8e1. Epub 2010 May 10.
12. *Rückerl R, Schneider A, Breitner S, et al:* Health effects of particulate air pollution: A review of epidemiological evidence. *Inhal Toxicol*. 2011. 23(10):555-92. doi: 10.3109/08958378.2011.593587.
13. *Zanobetti A, Gold DR, Stone PH, et al:* Reduction in heart rate variability with traffic and air pollution in patients with coronary artery disease. *Environ Health Perspect*. 2010. 118(3). 324-30. doi: 10.1289/ehp.0901003. Epub 2009 Nov 18.
14. *Ostro B, Broadwin R, Green S, et al:* Fine particulate air pollution and mortality in nine California counties: results from CALFINE. *Environ Health Perspect*. 2006. 114(1). 29-33.
15. *Dominici F, Peng RD, Bell ML, et al:* Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA*. 2006. 295(10). 1127-34.
16. EPA. Integrated science assessment for particulate matter (final report). Washington, DC, United States Environmental Protection Agency 2009. <http://cfpub.epa.gov/ncea/cfm/recordisplay.cfm?deid=216546#Download> , accessed 10.December 2013).
17. *Beelen R, Hoek G, van den Brandt PA, et al:* Long-term effects of traffic-related air pollution on mortality in a Dutch cohort (NLCS-AIR study). *Environ Health Perspect*. 2008. 116(2). 196-202. doi: 10.1289/ehp.10767.
18. *Naess Ø, Nafstad P, Aamodt G, et al:* Relation between concentration of air pollution and cause-specific mortality: four-year exposures to nitrogen dioxide and particulate matter pollutants in 470 neighborhoods in Oslo, Norway. *Am J Epidemiol*. 2007. 165(4). 435-43. Epub 2006 Nov 29.
19. *Künzli N, Jerrett M, Mack WJ, et al:* Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environ Health Perspect*. 2005. 113(2).201-6.

20. Künzli N, Jerrett M, Garcia-Esteban R, et al: Ambient air pollution and the progression of atherosclerosis in adults. *PLoS One*. 2010. 5(2).e9096. doi: 10.1371/journal.pone.0009096.
21. *Bauer M, Moebus S, Möhlenkamp S, et al*: Urban particulate matter air pollution is associated with subclinical atherosclerosis: results from the HNR (Heinz Nixdorf Recall) study. *J Am Coll Cardiol* 2010. Nov 23. 56(22 1803-8. doi: 10.1016/j.jacc.2010.04.065.
22. *Hoffmann B, Moebus S, Stang A, et al*: Residence close to high traffic and prevalence of coronary heart disease. *Eur Heart J*. 2006. 27(22). 2696-702. Epub 2006 Sep 26.
23. *Hoffmann B, Moebus S, Möhlenkamp S, et al*: Residential exposure to traffic is associated with coronary atherosclerosis. *Circulation*. 2007.116(5).489-96. Epub 2007 Jul 16.
24. *Brook RD, Jerrett M, Brook JR, et al*: The relationship between diabetes mellitus and traffic-related air pollution. *J Occup Environ Med*. 2008.50(1). 32-8. doi: 10.1097/JOM.ob013e31815dba70.
25. *Krämmer U, Herder C, Sugiri D, et al*: Traffic-related air pollution and incident type 2 diabetes: results from the SALIA cohort study. *Environ Health Perspect*. . 2010. 118(9). 1273-9. doi: 10.1289/ehp.0901689. Epub 2010 May 11.
26. *Andersen ZJ, Raaschou-Nielsen O, Ketzler M, et al*: Diabetes incidence and long-term exposure to air pollution: a cohort study. *Diabetes Care*. 2012 Jan. 35(1):92-8. doi: 10.2337/dc11-1155. Epub 2011 Nov 10.
27. *Raaschou-Nielsen O, Sørensen M, Ketzler M, et al*: Long-term exposure to traffic-related air pollution and diabetes-associated mortality: a cohort study. *Diabetologia*. 2013. 56(1):36-46. doi: 10.1007/s00125-012-2698-7. Epub 2012 Aug 24.
28. *Ranft U, Schikowski T, Sugiri D, et al*: Long-term exposure to traffic-related particulate matter impairs cognitive function in the elderly. *Environ Res*. 2009. 109(8)1004-11. doi: 10.1016/j.envres.2009.08.003. Epub 2009 Sep 4.
29. *Freire C, Ramos R, Puertas R, et al*: Association of traffic-related air pollution with cognitive development in children. *J Epidemiol Community Health*. 2010. 64(3). 223-8. doi: 10.1136/jech.2008.084574. Epub 2009 Aug 13.
30. *Gehring U, Wijga AH, Brauer M, et al*: Traffic-related air pollution and the development of asthma and allergies during the first 8 years of life. *Am J Respir Crit Care Med*. 2010. 181(6).596-603. doi: 10.1164/rccm.200906-0858OC. Epub 2009 Dec 3.
31. *MacIntyre EA, Karr CJ, Koehoorn M, et al*: Residential air pollution and otitis media during the first two years of life. *Epidemiology*. 2011. 22(1):81-9. doi: 10.1097/EDE.ob013e3181fdb60f.
32. *Morgenstern V, Zutavern A, Cyrus J, et al*: Respiratory health and individual estimated exposure to traffic-related air pollutants in a cohort of young children. *Occup Environ Med*. 2007. 64(1). 8-16. Epub 2006 Aug 15.
33. *Shah PS, Balkhair T*: Knowledge Synthesis Group on Determinants of Preterm/LBW births Air pollution and birth outcomes: a systematic review. *Environ Int*. 2011. 37(2).498-516. doi: 10.1016/j.envint.2010.10.009. Epub 2010 Nov 26.
34. *Páldy A and Bobvos J*: Local city report – Budapest 2012. APHEKOM [http://www.aphekom.org/c/document\\_library/get\\_file?uuid=9edf2fc3-f484-4f21-9787-0397d17197b6&groupId=10347](http://www.aphekom.org/c/document_library/get_file?uuid=9edf2fc3-f484-4f21-9787-0397d17197b6&groupId=10347) (last accessed: 18.12.2013)