

A klímaváltozás hatása a halálózásra - előzetes kutatások eredményei, KRITÉR célkitűzés

Bobvos János és Páldy Anna

*Országos Közegészségügyi Központ
Országos Környezetegészségügyi Igazgatóság (OKK-OKI)*

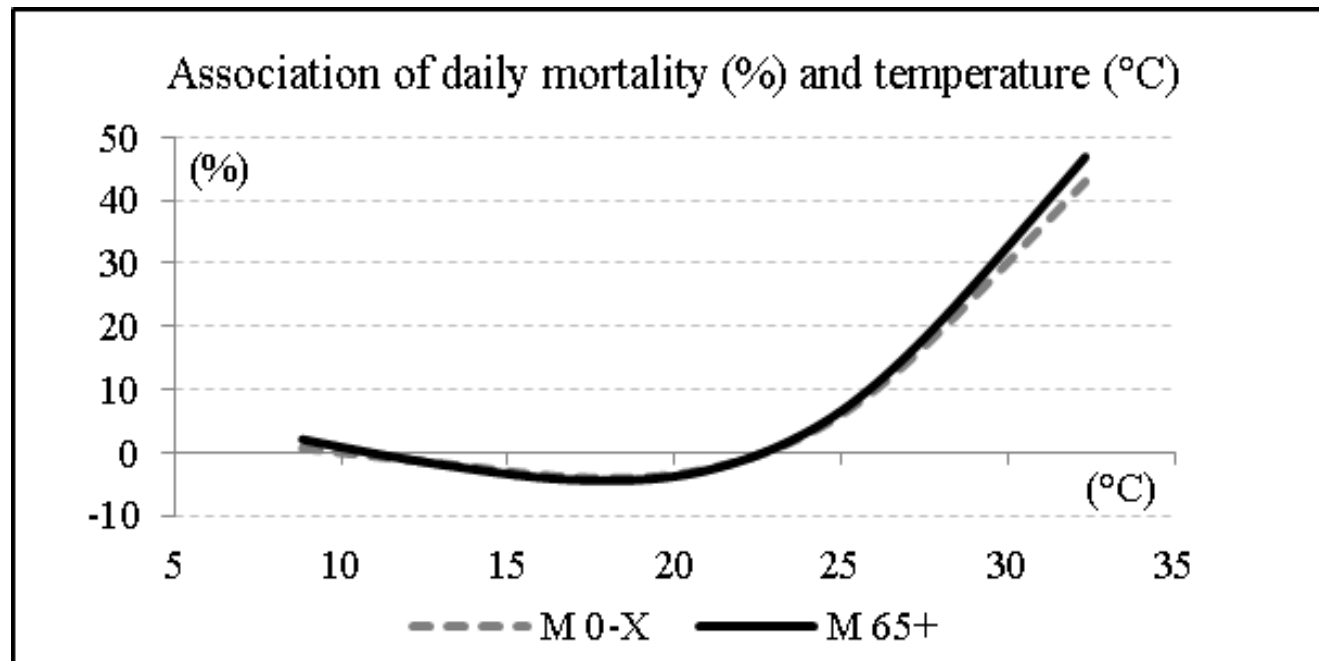


- A hőség egészségre gyakorolt hatásának vizsgálataiban különböző
 - hőségindikátorokat (egyszerű hőmérsékleti, komplex hőség indexeket, stb.)
 - hőség, hőhullám definíciót (időtartam, küszöbérték, stb.)
 - egészségi végpontokat (halálozási, betegfelvételi, baleseti, stb.)
 - hatást módosító tényezőket (faj, nem, kor, depriváció, stb.)
 - térbeli és időbeli felbontásban
 - statisztikai módszerekkel (idősor, eset-kontroll, stb.)
elemeznek.
- Az eredmények sok esetben nem összehasonlíthatóak, az egyes elemzések más térségekben gyakran nem megismételhetőek (adat-, szoftverhiány, stb.).
- Többközpontú elemzésekhez sokszor a napi (heti) halálozási adatokat használják, mert általában ezek valamilyen szinten mindenhol rendelkezésre állnak (Adatvédelmi tv.).
- Az általános összefüggések feltárásához hosszabb idősorok vizsgálatára van szükség.

- A hőhullámok halálózásra gyakorolt hatását alapvetően befolyásolhatja többek között a hőhullám
 - intenzitásának (2007 - >30°C napi átlaghőmérséklet)
 - hosszának (2007 - 10 nap)
 - gyakoriságának (egymást követő hőhullámok)
 - szezonbeli (kora nyári első hőhullám) helyének jellege.
- Általánosan értelmezve hőség halálózásra gyakorolt hatását alapvetően a következő tényezők befolyásolhatják:
 - Az érintett populációra (nem, kor, sérülékeny csoportarány-, betegségteher eloszlás, stb.) vonatkozó alaphalálózás, mint alap érzékenységi mutató.
 - Az érintett területen jelentkező hőségteher (kitettség).
 - Az alkalmazkodáshoz szükséges lehetőségek (alkalmazkodási kapacitás), valamint hajlandóság (alkalmazkodás).
- Az alkalmazkodás befolyásolhatja az alap érzékenységet, a valós expozíciót, ezáltal csökkentheti a hőségnek tulajdonítható többlethalálózást (hőségre vonatkozó sérülékenység).

A halálozás és hőmérséklet kapcsolata, 2000-2010

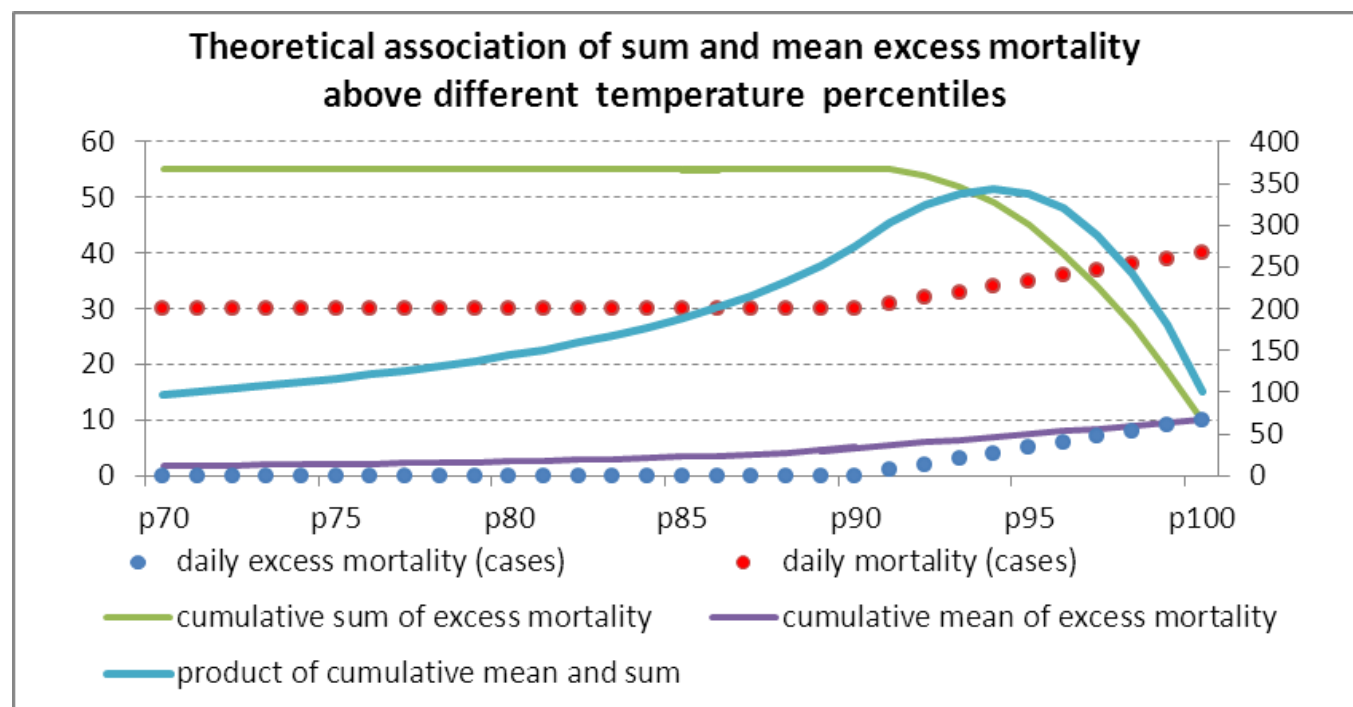
A napi teljes halálozás (%) és napi átlaghőmérséklet (°C) kapcsolata egy emelkedő görbével jellemezhető a magasabb hőmérsékleteknél. A hőség hatása az idősebbeknél (65 év felett) fokozottabban jelentkezik.



Characteristics of association of daily mortality (percent differences from mean total and above 65y mortality) and daily mean temperature between 2000 and 2010 in Budapest.

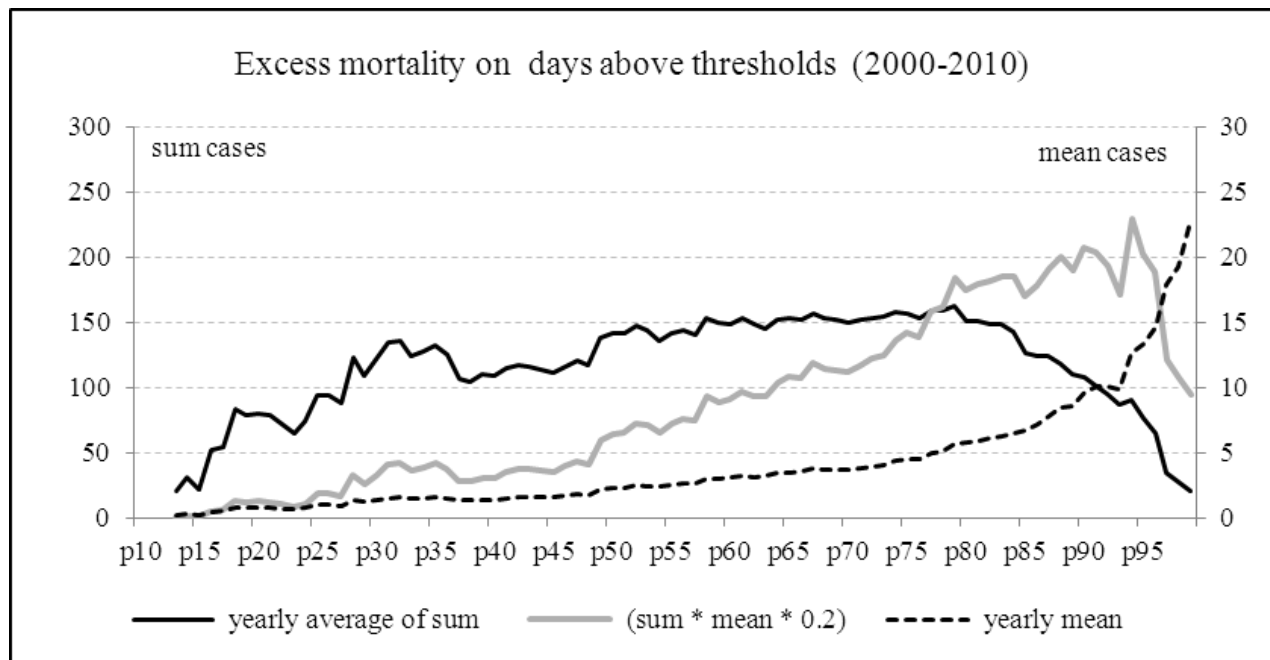
Az összes- és napi többlethalálozás "elméleti" hatékonysági görbéje

A többlethalálozás hatékony kimutatásához szükséges küszöbérték kiválasztásában a különböző percentilisekhez tartozó két kumulatív görbe (összes többlethalálozás, napi átlagos többlethalálozás) összetartozó értékeinek szorzatát használhatjuk fel, melynek maximuma környékén a két ellentétes irányú folyamat egyformán érvényesül.



Az összes- és napi többlethalálozás hatékonysági görbéje

A budapesti adatok alapján a p85-p95 közötti tartomány felel meg leginkább a kritériumnak. A hazánkban alkalmazott 25^oC-os riasztási küszöbérték, amely jelen esetben az eloszlás p90 értéke, a görbéket is figyelembe véve megfelelőnek tekinthető.



The sum of total excess mortality, the mean excess mortality of heat wave days above thresholds, as well as their product in case of daily mean temperature indicator between 2000 and 2010 in Budapest.

Assessment of heat-related mortality in Budapest from 2000 to 2010 by different indicators

János Bobvos, Balázs Fazekas, and Anna Páldy

IDŐJÁRÁS Vol. 119, No. 2, April– June, 2015, pp. 143–158

A többlethalálozás számítása

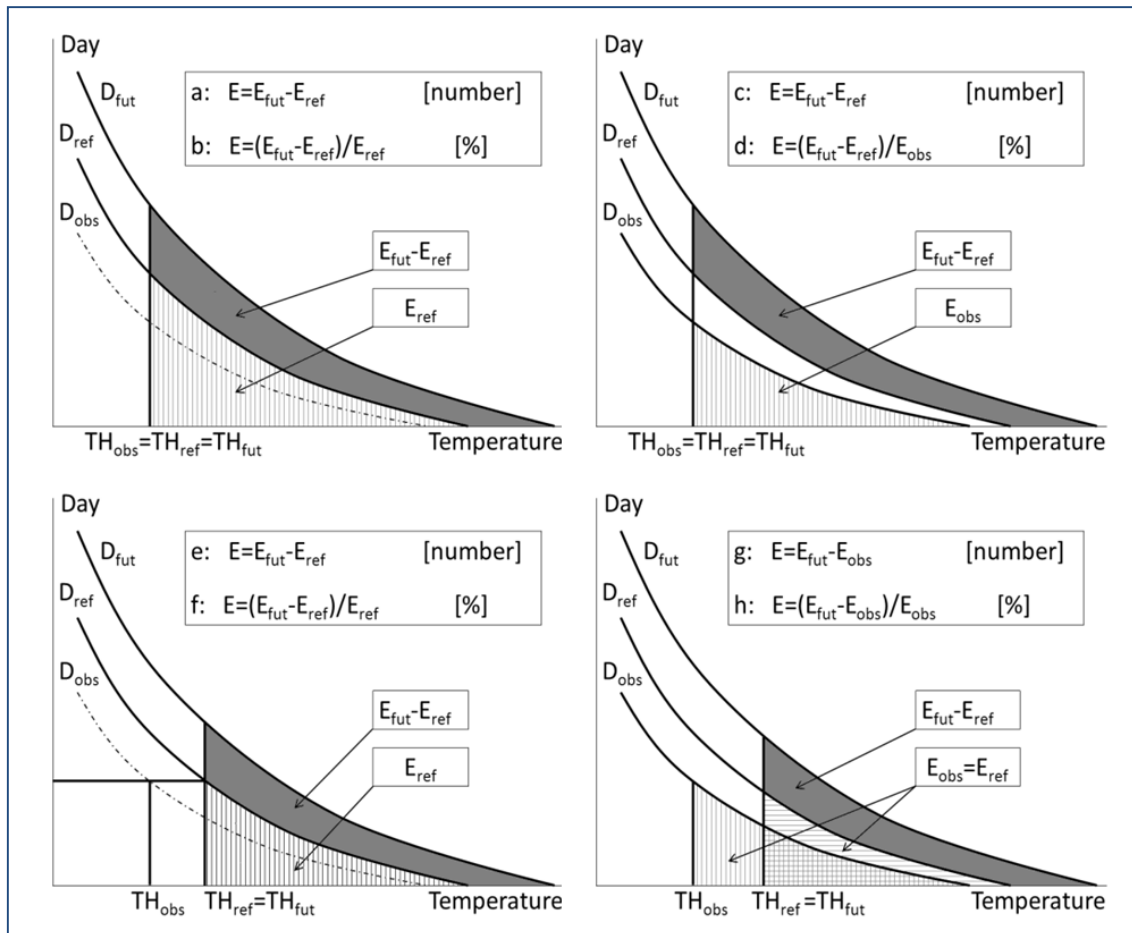
- A hatékonysági görbe figyelembevételével ki lehet a megfelelő küszöbhőmérsékletet jelölni.
- Egy időszakra vonatkozóan a küszöbhőmérsékletet meghaladó napokon történt napi halálozásból kivonva a hűvösebb napokon történt halálozások átlagát, ezeket összesítve megkapjuk a hőség napokra vonatkozó többlethalálozás esetszámokat.
- A küszöbhőmérsékletet meghaladó napokon az adott hőmérséklet értékekből a küszöbhőmérsékletet kivonva, ezeket összesítve meghatározható többlethalálozást okozó effektív hőösszeg értéke.
- A többlethalálozást elosztva a hőösszeg értékével, ki lehet számolni az 1°C-ra jutó többlethalálozás értékét. Ez az érték közvetlenül átszámolható az idősor analízisekben meghatározott Relatív Kockázat (RK) értékekké. Az eljárás fordítva is elvégezhető.
- Ezek alapján, tehát a többlethalálozást a hőmérsékleti eloszlásgörbe adott küszöbértéket meghaladó szakasz alatti területtel (effektív hőösszeg) arányos, ezzel modellezhető.

A klímaváltozás okozta többlethalálozás számítása

- A hőségnek tulajdonítható többlethalálozás azokon a napokon fordul elő, amikor a napi átlaghőmérséklet egy küszöbértéket meghalad. Mértéke a napi hőmérséklet növekedésével általában lineárisan (modellezett, ill. számított) nő.
- A klímamodellek több és melegebb küszöbérték feletti napokat prognosztizálnak, amelyek alapján a klímaváltozás okozta többlethalálozás növekedés kimutatható.
- A klímamodellek eloszlási adatai (D_{ref}) általában eltérnek a mért (D_{obs}) adatoktól, a klímaváltozást a (D_{fut}) jellemzi. Az eltérések értékelése, különböző illesztő eljárások alkalmazása jelenti a hatás szerinti korrekciót.

A klímaváltozás okozta többlethalálozás korrekciós eljárásai

Az eloszlások küszöbérték (TH_x) feletti, többlethalálozást okozó területei (E_x) alapján többféle értékelési módszer választható. A klímaváltozás okozta hatást többlethalálozás esetszámaival és a növekedés %-os értékeivel is jellemezhető.



J Bobvos, N Solymosi, A Paldy: Climate change and heat-related mortality in Budapest - comparative methods of impact estimation of temperature change
 011. Abstracts of the 23rd Annual Conference of the International Society of Environmental Epidemiology (ISEE). September 13 - 16, 2011, Barcelona, Spain.
Environ Health Perspect
<http://dx.doi.org/10.1289/ehp.isee2011>

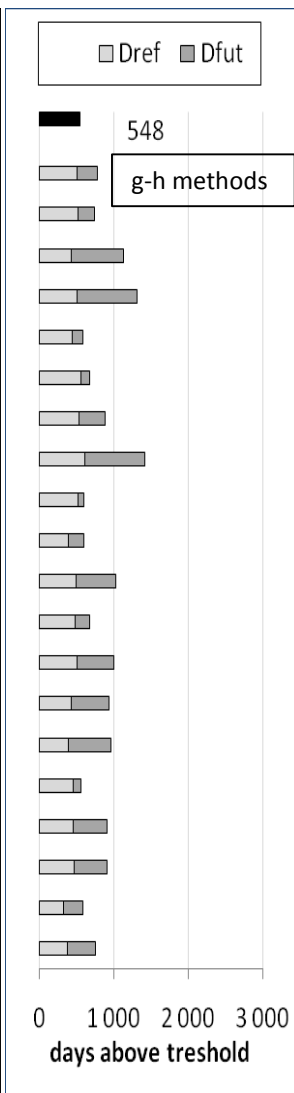
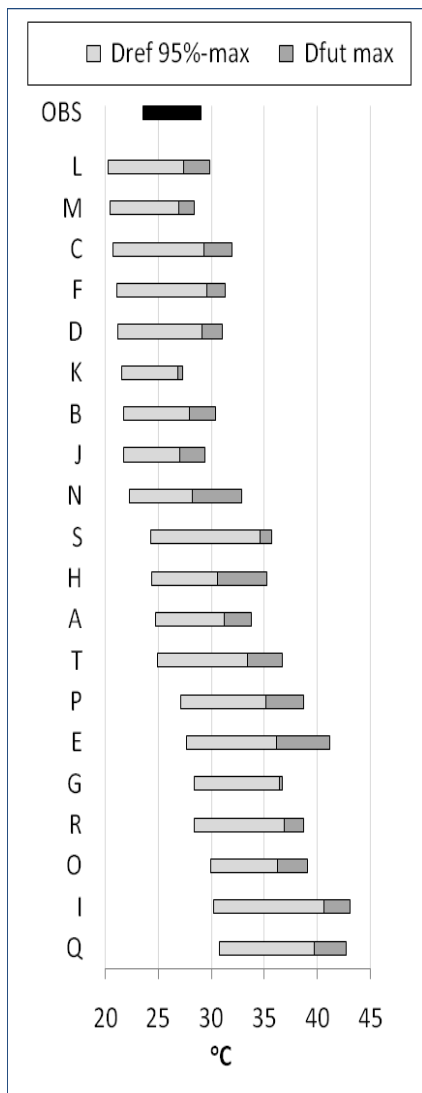
A klímaváltozás okozta többlethalálozás korrekciós eljárásai

- Az **a,b** módszer alkalmazása során a (D_{ref}) adatsor adott gyakorisághoz tartozó küszöbhőmérséklet (TH_{ref}) alapján történik a többlethalálozás számítása a klímamodellek referencia (E_{ref}) és scenárió (E_{fut}) esetében is, korrekció nincs .
- Az **c,d** módszer esetében az előbbi küszöbhőmérsékletet alkalmazzák, de a viszonyítási alap a mért (D_{obs}) adatsorhoz tartozó többlethalálozás (E_{obs}). Az **a,b** és **c,d** módszerek gyakran keveredve is megjelennek.
- Az **e,f** módszer alkalmazása során a számítások a referencia (D_{ref}) gyakorisághoz tartozó számított küszöbhőmérséklet (TH_{ref}) alapján történik, amit a (TH_{obs}) küszöbhőmérséklethez tartozó gyakoriságnak feleltetnek meg. Ez gyakorlatilag a hőmérséklet gyakoriság eloszlás görbék eltolását jelenti (azonos hőségnap szám).
- Az **g,h** módszer esetében az új, korrigált küszöbhőmérsékletek kiszámítása olyan módon történik, hogy a mért és a referencia időszak többlethalálozása (E_{obs} and E_{ref}) egyenlő legyen. Ez a módszer veszi figyelembe az eloszlás görbék eltérő alakját is.

Az elemzésben szereplő regionális klímamodellek

Model #	GCM	SRES	RCM	Resolution	Time interval
A	ECHAM5	A1B	C4IRCA3	25 km	1961-1990, 2021-2050
B	ARPEGE	A1B	CNRM-RM5,1	25 km	1961-1990, 2021-2050
C	ARPEGE	A1B	DMI-HIRHAM5	25 km	1961-1990, 2021-2050
D	ECHAM5	A1B	DMI-HIRHAM5	25 km	1961-1990, 2021-2050
E	BCM	A1B	DMI-HIRHAM5	25 km	1961-1990, 2021-2050
F	HadCM3Q0	A1B	ETHZ_CLM	25 km	1961-1990, 2021-2050
G	ECHAM5	A1B	ICTP-REGCM3	25 km	1961-1990, 2021-2050
H	ECHAM5	A1B	KNMI-RACMO2	25 km	1961-1990, 2021-2050
I	BCM	A1B	METNOHIRHAM	25 km	1961-1990, 2021-2050
J	ECHAM5	A1B	METNOHIRHAM	25 km	1961-1990, 2021-2050
K	HadCM3Q0	A1B	METO-HC	25 km	1961-1990, 2021-2050
L	HadCM3Q16	A1B	METO-HC	25 km	1961-1990, 2021-2050
M	HadCM3Q3	A1B	METO-HC	25 km	1961-1990, 2021-2050
N	ECHAM5	A1B	MPI-M-REMO	25 km	1961-1990, 2021-2050
O	CGCM3	A1B	OURANOSMRCC4,2,1	25 km	1961-1990, 2021-2050
P	BCM	A1B	SMHIRCA	25 km	1961-1990, 2021-2050
Q	ECHAM5	A1B	SMHIRCA	25 km	1961-1990, 2021-2050
R	HadCM3Q3	A1B	SMHIRCA	25 km	1961-1990, 2021-2050
S	HadCM3Q0	A1B	UCLM-PROMES	25 km	1961-1990, 2021-2050
T	HadCM3Q0	A1B	VMGO-RRCM	25 km	1961-1990, 2021-2050

Az elemzésben szereplő néhány eredmény

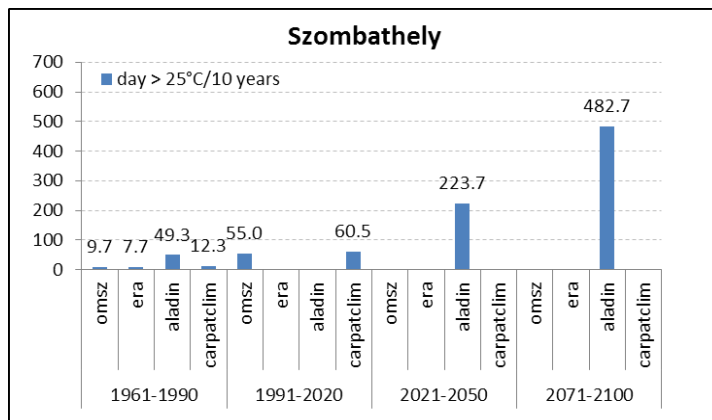
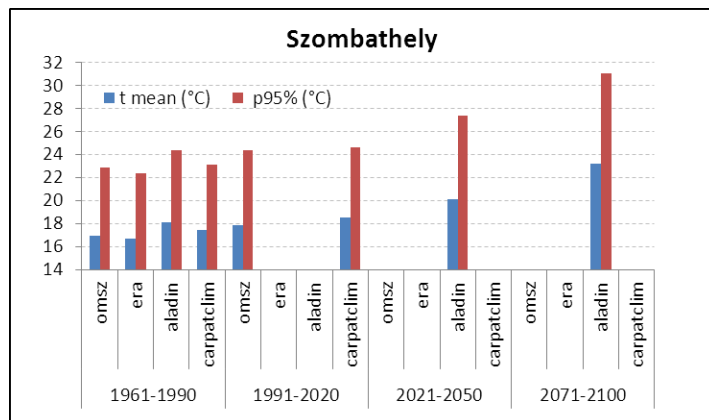
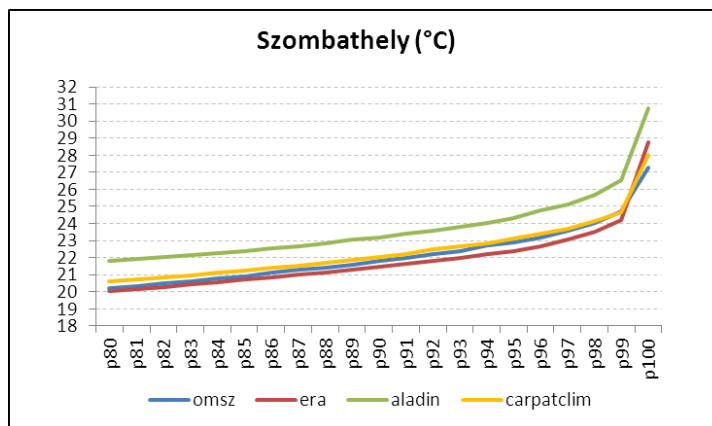
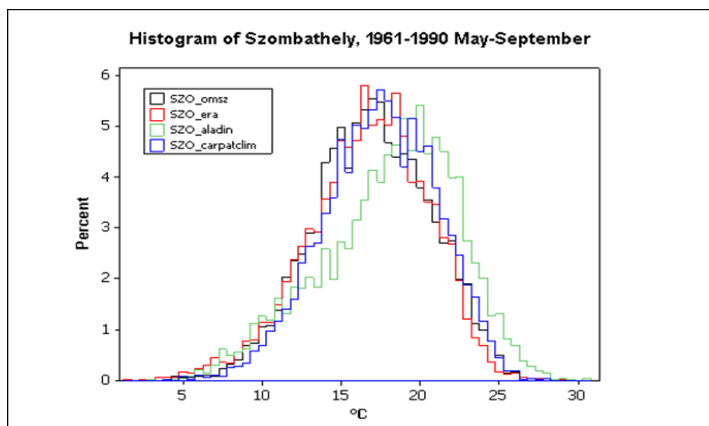


- Három modellben (O,I,Q) a referencia időszak adott küszöbhőmérséklete magasabb, mint a mért adatok napi maximuma.
- Két modellben (M,K) a scenárió maximuma alacsonyabb, mint a mért adatok maximuma.
- Az adott küszöbhőmérséklet (p95%) feletti napok száma 548 nap. A klímamodellekben ezen napok száma 49 és 2304 közötti, ami nagymértékben befolyásolja a többlet-halálozás értékeit.

- A KRITÉR projektben az Országos Meteorológiai Szolgálatnál adaptált ALADIN-Climate modell legújabb változatával végeznek éghajlati szimulációkat.
- Az ALADIN-Climate modell a nemzetközi együttműködésben kifejlesztett ALADIN (Aire Limitée Adaptation Dynamique Développement International) rövidtávú, korlátos tartományú előrejelző modell klímaváltozata.
- A modellkísérleteket elsőként az ERA-40 re-analízis határfeltételekkel hajtották végre.
- Az ALADIN-Climate prognosztikai változói a hőmérséklet, a szélesebbesség horizontális komponensei, a légnedvesség és a felszíni légnyomás.
- A modell lehetővé teszi, hogy a klímaváltozás hatásaival foglalkozó társtudományok számára input adatokat szolgáltatasson az 1951-2100-as időszakra vonatkozóan, a legfontosabb meteorológiai elemek mindegyikére, sűrű (~10 km) rácshálózatra, akár napi felbontásban is.

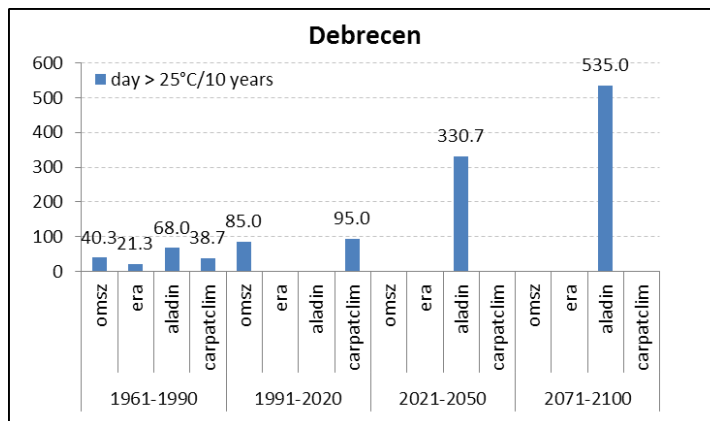
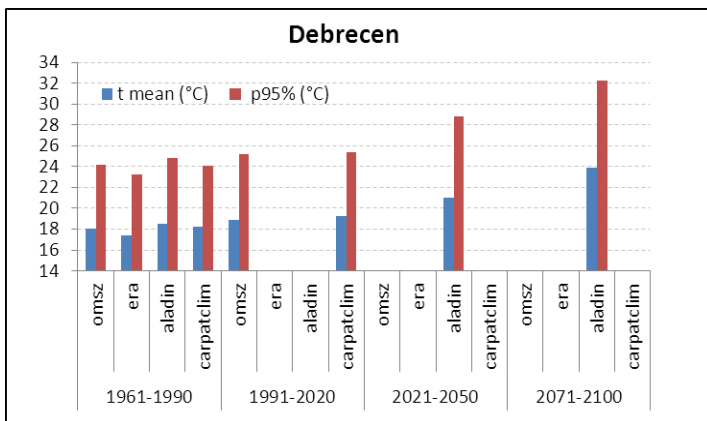
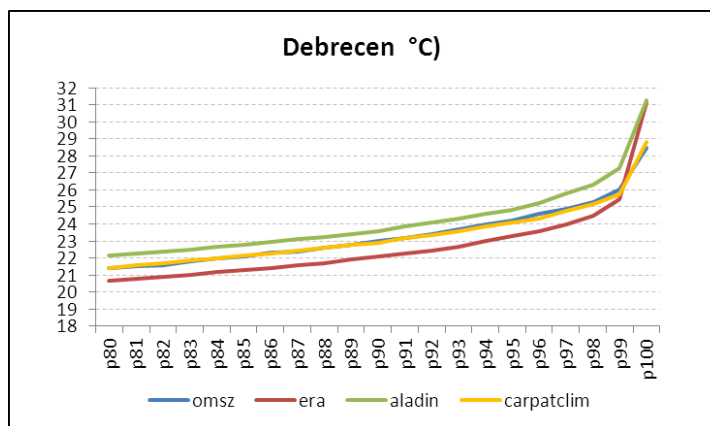
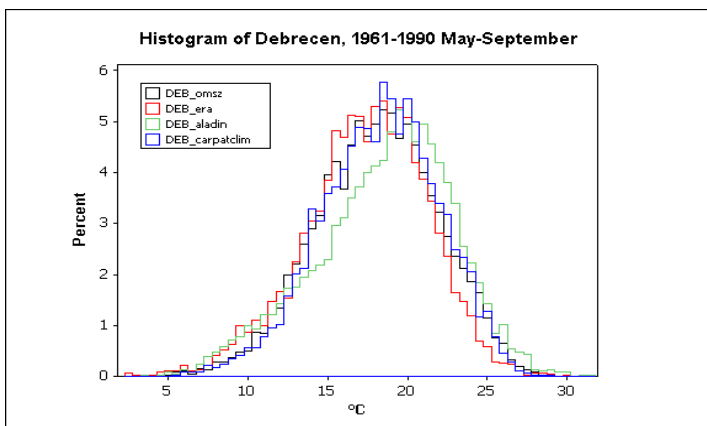
Az Aladin klímamodell és a mért, modellezett múlt, 1961-1990

A múltra vonatkozó adatsorok (100 éves OMSZ adatsor, ERA 40, CARPATCLIM, ALADIN rácspontok) esetében eltérések tapasztalhatók. Kis eltérés is nagy különbséget jelent a gyakorisági eloszlás küszöbértékei vonatkozásában, amely a számított többlethalálozás alapvetően befolyásolja.



Az Aladin klímamodell és a mért, modellezett múlt, 1961-1990

Az Aladin klímamodell a múltat jelentősen túlbecsüli a magasabb hőmérsékleti tartományban, ezért korrekcióra feltétlenül szükség van. A múltban végzett korrekció, azonban nem veszi figyelembe a jelen időszakig történt valós és a modell által prognosztizált változások között eltérést.



Climate change effects on human health: projections of temperature-related mortality for the UK during the 2020s, 2050s and 2080s

Shakoor Hajat, Sotiris Vardoulakis, Clare Heaviside, Bernd Eggen

J Epidemiol Community Health 2014;68:641–648. doi:10.1136/jech-2013-202449

”Projected daily mean temperatures for the periods 2000–2009, 2020–2029, 2050–2059 and 2080–2089 were obtained from BADC. This contains output from an ensemble of 10 available variants of the Met Office Hadley Centre Regional Climate Model (HadRM3-PPE-UK) designed to simulate regional climate in the UK for historical emissions and for the medium emissions scenario (SRES A1B) for the period from 1950 to 2100. ... Temperature-related mortality (M) was calculated for the last decade 2000–2009 (2000s) and future decades 2020s, 2050s and 2080s using regional daily mean temperatures above/below the regional thresholds ...”

Comparative Assessment of the Effects of Climate Change on Heat- and Cold-Related Mortality in the United Kingdom and Australia

*Sotiris Vardoulakis, Keith Dear, Shakoor Hajat, Clare Heaviside, Bernd Eggen, and Anthony J. McMichael**

Environmental Health Perspectives • volume 122 | number 12 | December 2014

”Projected monthly mean temperatures for the periods 2020–2029 (2020s), 2050–2059 (2050s), and 2080–2089 (2080s) were obtained from the UK Climate Impacts Programme (UKCIP) Climate Projections (UKCP092009) and the Australian Climate Change Scenarios Generator (OzClim 2011). Series of daily mean temperatures were calculated separately for each emissions scenario by taking the mean of the monthly temperature for each grid square that fell within a particular regional boundary in England and Wales or by taking the most central grid square for each Australian city, and then estimating the difference from the corresponding average monthly temperature in the same region or city over the baseline period (1993–2006), and applying this difference to the daily mean temperatures over the same period.”

A KITÉR WP3 munkacsoport célkitűzései (I)



A jelenre vonatkozó, a hőség okozta többlethalálozás vizsgálatához szükséges alapfeladatok:

- Az indikátor alapját a napi meteorológiai adatok (0,1*0,1°-os rácshálózat), valamint a napi halálozási (település szintű) adatok adják.
- Az összefüggések megbízható vizsgálatát, stabil statisztikai eljárások használatát csak nagyobb területi aggregáció után lehet elvégezni, kistérségi szintű vizsgálatok alkalmazása javasolt.
- Az aggregált napi adatsorokból a hőségnek tulajdonítható többlethalálozás relatív értékei megfelelő módszer választásával kiszámolhatók, modellezhetők.
- A jelen időszak megválasztásánál túl hosszú időszakot nem célszerű választani, mert a napi halálozást befolyásoló tényezők folyamatosan változnak, azonban elegendő hosszúnak kell lennie a megbízható összefüggések megállapításához (javasolt időtartam az elmúlt 5-10 év, tervek szerint 2005-2014).
- Az elemzésekhez módszertani fejlesztések szükségesek.



A KITÉR WP3 munkacsoport célkitűzései (II)



A várható klímaváltozásnak tulajdonítható, a többlethalálozás növekedésének vizsgálatához szükséges alapfeladatok:

- A várható klímaváltozás többlethalálozásra gyakorolt hatásának vizsgálatához szükséges a klímamodellek által biztosított kistérségi szintű napi hőmérsékleti adatok elemzése.
- Ehhez ismerni kell a modell jelen időszakra és az előrejelzett időszakokra vonatkozó (2021-2050, 2071-2100) kistérségi adatsorait.
- A jelen időszakra vonatkozó valós, mért hőmérsékleti adatsorok és a klímamodellek jelen időszakra modellezett adatai akár jelentős eltéréseket is, amelyeket az eredmények megbízhatóságának növelése érdekében a hatás szempontjából korrigálni kell.
- A korrigált napi adatsorokból a várható klímaváltozás hőhullámos napok számában bekövetkező változás (kitettség) mértéke ezután számolható.
- A kistérségi érzékenységi és a kitettségi adatokból a klímaváltozásnak tulajdonítható, a hőséghez kapcsolódó relatív többlethalálozás változás ezek után becsülhetővé válik.
- Ez az indikátor tehát a klímaváltozáshoz kapcsolható sérülékenységi mutató.
- Az elemzésekhez módszertani fejlesztések szükségesek.



A KITÉR WP3 munkacsoport célkitűzései (III)

A NATÉR rendszerrel való kompatibilitás biztosításával összefüggő alapfeladatok:

- A NATÉR jelenlegi időszakra vonatkozó hőmérsékleti adatbázis elemi adatai $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$ -os rácshálózathoz kötöttek, a kistérségi szintű napi adatok előállításához statisztikai módszert kell kidolgozni.
- A módszer segítségével az Aladin modell jelen időszakra és az előrejelzett időszakokra vonatkozó (2021-2050, 2071-2100) kistérségi adatsorai is (ugyanaz a $0,1^{\circ} \times 0,1^{\circ}$ -os rácshálózat) előállíthatók.
- A jelenre és a prognosztizált jövőre vonatkozó kistérségi indikátorokat végül a NATÉR adatbázis rácsponjtjaira vissza kell vetíteni, amelyhez szintén módszertani fejlesztések szükségesek.
- A NATÉR kompatibilitás elősegíti az éghajlatváltozáshoz kapcsolódó hatástanulmányok, sérülékenység és ellenálló képesség vizsgálatok végrehajtását az újabb szektorok tekintetében is.

**Köszönöm megtisztelő
figyelmüket !**

