

A klímaváltozás egészségi hatásai (Health impact of climate change: Hungarian Health Impact Assessment)

Páldy Anna¹, Erdei Eszter¹, Bobvos János⁴, Ferenczi Emőke³, Nádor Gizella¹, Szabó Judit²

1 „Fodor József Országos Közegészségügyi Központ Országos Környezet-egészségügyi Intézete, 2 Országos „Frederic Joliot-Curie” Sugárbiológiai és Sugáregészségügyi Kutató Intézete

3 „Johan Béla” Országos Epidemiológiai Központ

4 Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat Fővárosi Intézete

Összefoglalás

A klímaváltozás egészségkárosító hatásaira az 1990-es évek elején kezdtek felfigyelni. Ennek a felfogásnak következtében általánosan hiányzott annak megértése, hogy a biofizikai és ökológiai rendszerek sérülése hosszú távon károsíthatja az emberiség egészségét és jólétét. A természettudomány művelői, akik az egyes részterületeken várható káros következmények felméréseivel és előrejelzésével foglalkoztak, nem ismerték mélységében a humán következményeket. Ez tükröződött az ENSZ Klímaváltozás Kormányközi Bizottság első, 1991-ben közzétett jelentésében. A továbbiakban változott a humán hatások megítélése, a 2. Jelentés (1996) már egy teljes fejezetet szentelt a klímaváltozás egészségi hatásainak, a 3. jelentés (2001) még részletesebben tért ki a várható humán hatásokra a nagy földrajzi egységeket is figyelembe véve.

A 3. Jelentés összefoglalja a klímaváltozással összefüggésbe hozható fő egészségi hatásokat: az időjárás változás, főként az extrém helyzetek közvetlen hatásait, a klímaváltozással összefüggő környezeti és gazdasági változások közvetett hatásait.

A klímaváltozás egészségi hatásainak vizsgálatát kiemelt fontosságúnak ítélte a 3. Környezetvédelmi és Egészségügyi Miniszteri Konferencia (London, 1999) is, a Deklaráció megfogalmazza a fő ajánlásokat. A Deklaráció ajánlásainak megfelelően alakította ki programját a WHO is, melyhez csatlakozott Magyarország is. A nemzeti kutatási tervet a Nemzeti Környezet-egészségügyi Akcióprogram keretében 2000-től dolgoztuk ki. Tanulmányozták a hőmérséklet hatását a napi halálozásra, a sztratoszférikus ózonréteg csökkenésének egészségi következményeit, a vektorok által terjesztett fertőző betegségek alakulását, valamint az allergén növény- és gombafajok pollen/spóra szórásának összefüggéseit az időjárás változás függvényében.

A nemzetközi ajánlások, valamint az eddig elvégzett kutatások alapján az elsődleges cél a humán adaptáció elősegítése. Ehhez további kutatásokra, valamint rövid- közép- és hosszútávú cselekvési tervek kialakítására van szükség, amelyet csak széleskörű társadalmi összefogással lehet megvalósítani.

Abstract

In the early 1990s there was little awareness of the health risks posed by global climate change. This reflected a general lack of understanding of how the disruption of biophysical and ecological systems might affect the longer-term wellbeing and health of populations. There was little awareness among natural scientists dealing with the forecast of harmful effects in special fields, concerning impact on human health. This was reflected in the first report of the UN's Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) published in 1991. Subsequently the situation has changed. The IPCC Second Assessment Report (1996) devoted

a full chapter to the potential risks to health. The Third Assessment Report (2001) discussed the health impact by major geographical regions in a more detailed way. This report summarized the major health impacts stating that climate change can affect human health directly eg. impacts of temperature, extreme weather conditions and indirectly through changes in the ecosystem and socio-economic circumstances.

The study of the health impacts of global climate changes was supported by the Third Ministerial Conference on Environment and Health in London in 1999 and the recommendations were formulated. The scientific guidelines of the WHO were based on the recommendation of the Declaration. Hungary joined this programme. A national health impact assessment was elaborated within the frame of the National Environmental Health Action Programme. The effect of temperature on daily mortality, the health impact of UVB radiation, the changes in frequency of vector-borne diseases as well as changes in pollination of allergic plants in relation of weather changes were studied.

On the basis of multi-national studies as well as national results the major goal for the future is to facilitate human adaptation. Further research activity and elaboration of short- mid- and long term action plans are necessary which can be fulfilled by nationwide cooperation

Bevezetés

1969-ban az Apollo űrhajó különleges felvételeket készített bolygónkról, a világűrben lebegve. Ez a pillanat megváltoztatta egész eddig gondolkodásunkat a bioszféráról és annak hatáiról. A klímaváltozással kapcsolatos ismeretek is egyre gyarapodnak, és ez is a klímaváltozás hatásairól való vélekedésünk is egyre formálódik. Mint ahogy az egyének egészsége nagyban függ az életmódtól, örökletes tényezőktől, a munkahelyi és lakókörnyezet hatásaitól, az orvosi ellátástól, a Föld lakosságának egészsége függ a bioszféra támogató „szolgáltatásaitól”. Az emberek és az állatvilág élete függ az élelmiszer- és ivóvíz ellátástól, a fertőző betegségektől való mentességtől, a fizikális biztonságtól és a stabil időjárási viszonyoktól.

Jelenleg az emberi tevékenységek befolyásolják a klímát. Az emberi tevékenység következtében nő az energia elnyelő gázok koncentrációja, megsokszorozódik az „üvegház” hatás. Ezt a tényt rögzíti 3. Értékelő jelentésében (1) az Egyesült Nemzetek Klímaváltozással foglalkozó kormányközi testülete (UN/IPCC): „Új és erősebb bizonyítékok állnak rendelkezésre, amelyek bizonyítják, hogy az utóbbi 50 évben megfigyelt melegedés emberi tevékenység következménye”.

A XX. Században a Föld átlagos felszíni hőmérséklete körülbelül 0,6 °C-val emelkedett, melynek nagyjából háromnegyed része 1975. óta következett be. Klimatológusok előrejelzése szerint a következő évszázadban további melegedés várható, melyet az időjárás változékonyabbá válása kísér. Ezek az előrejelzések tudományosan megalapozott klímaváltozás modellszámításokon alapulnak, figyelembe véve az üvegház hatású gázok kibocsátásának mértékét, különböző demográfiai, gazdasági és technikai változásokat.

Az emberiség történelme folyamán többször szembesült természetes eredetű klímaváltozásokkal és azok hatásaival. Az ősi egyiptomiak, a mezopotámiaiak, a mayák és az európai népesség (a Kis Jégkorszak négy évszázada alatt: XV.-XVIII. század) életét befolyásolták jelentős időjárás változások. A közelebbi múltban gyakran megfigyelhettük bizonyos betegségek előfordulásának gyakoribbá válását, járványok kitörését helyi extrém klimatikus változások következtében, mint pl. az El Nino déli oszcillációs ciklus (2).

A klímaváltozás lehetséges egészségi hatásai

A Föld éghajlatában bekövetkező változások befolyásolják az ökoszisztémákat és azok egyedeit. Hasonlóan befolyásolhatja az emberi egészséget is a klímaváltozás. A hatások egy

része előnyös is lehet, például az enyhébb telek következtében csökken a téli hideg rovására írható halálozások száma a mérsékelt éghajlati övezetbe tartozó országokban. Hasonlóan a forró égövbe tartozó országokban a további melegedés csökkentheti a betegséget átvivő szúnyogok életképességét. Összességét tekintve azonban a tudósok szerint az egészségi állapotot károsan befolyásolja a klímaváltozás (3).

A '90-es évek elején még kevéssé volt a figyelem előterében a klímaváltozás egészségkárosító hatása. Ezt tükrözte a UN/IPCC első jelentése 1991-ben. A későbbiekben változott a helyzet. A UN/IPCC második jelentése 1996-ban már egy teljes fejezetet szentelt az egészségkárosító hatásoknak. A harmadik jelentés (1) hasonlóan foglalkozott a humán hatásokkal, és ez a jelentés már foglalkozott az aktuális egészségi hatások bizonyítékaival és a további lehetséges hatásokkal. A 3. Jelentésben az alábbi következtetést fogalmazták meg: „Általánosságban a klímaváltozás növeli az egészségkárosodások veszélyét, elsősorban az alacsony jövedelmű országokban, elsősorban a trópusi és szubtrópusi övezetben”. A továbbiakban így folytatódik a jelentés: „A klímaváltozás hatásai egyrészt közvetlenek: pl. a hőhullámok hatásai, árvizek, viharok okozta halálozások, sérülések, és közvetett hatások: a vektorok által terjesztett betegségek előfordulása (pl. szúnyogok), vízminőség, levegőminőség, élelem elérhetősége és minősége. Az aktuális egészségi hatások nagymértékben függenek a helyi környezeti viszonyoktól, társadalmi-gazdasági körülményektől, technológiától, és az adaptációs lépésektől, amelyekkel az egészségi károsodások veszélyét próbálják csökkenteni.”

Általánosságban az időjárási viszonyok háromféleképpen befolyásolhatják az egészségi állapotot (4):

- A direkt hatásokat az extrém időjárási helyzetek idézik elő. Ezek közül főleg a hőmérséklet okozta káros egészségügyi hatások vizsgálatára helyeződött a fő hangsúly, különösen a 2003. évi franciaországi hőhullám okozta több mint 15 ezer fő elhalálozása hívta fel erre a problémára a figyelmet (5).
- A környezetváltozás és az ökológiai rendszer károsodása, mely a klímaváltozás következménye. Idetartoznak a növény- és állatvilágra gyakorolt éghajlati hatások, amelyeknek közvetten emberi egészségre gyakorolt káros hatásuk is van. A vektorok okozta megbetegedések, az allergén növényfajok pollentermelésének fokozódása a hőmérséklet növekedésével összefüggésben ebbe a problémakörben vizsgálandók.
- Azok az egészségi állapotbeli változások (sérülések, fertőzések, táplálkozási, pszichológiai és egyéb károsodások), amik a demoralizált és kitelepített lakosság körében fordulnak elő a klímaváltozással kapcsolatos helyzetekben (árvíz, vihar, stb).

Az IPCC jelentése arra a következtetésre jutott, hogy nagy valószínűséggel a klímaváltozás megnöveli a hőhullámokkal kapcsolatos halálozást és megbetegedéseket, csökkenti a hideg okozta halálozást, növeli az árvizeket és viharokat követő fertőző betegségek számát, valamint a tengerszint emelkedését követő kitelepítésekkel kapcsolatos egészségi problémákat.

Az elmúlt évtizedek klímaváltozásának káros hatásai már kimutathatók. Az Egészségügyi Világszervezet (6) a 2002. Évi jelentésében úgy értékelte a helyzetet, hogy a klímaváltozás terhére írható 2000-ben a világban bekövetkezett hasmenéses megbetegedések 2,4%-a, és a maláriás esetek 6%-a a közepes jövedelmű országokban. A WHO idézett jelentésében meghatározta a klímaváltozással kapcsolatos betegségterhet is. A betegségteher számítása során figyelembe vették a korai (65 évnél fiatalabb korban bekövetkező) halálozások miatt elveszített életéveket és a rokkantságban leélt életéveket. A számítások alapján 2000-ben a

világ népességére a klímaváltozással kapcsolatos betegségteher 5,5 millió év, valamint 150 000 halálesetként nehezedik.

Az emberek egészségi állapotában bekövetkező első megfigyelhető változás bizonyos fertőző betegségek földrajzi (szélesség és hosszúság szerinti), valamint szezonális megjelenésével kapcsolatos. Ezek a betegségek a vektorok (állati közvetítők) által terjesztett fertőző betegségek, mint a malária, dengue láz), valamint az élelmiszerek által terjedő fertőzések mint pl. a szalmonellózis. A következő káros egészségi hatás az extrém hőmérsékleti hatások mind a nyári meleg, mind a téli nagy hideg. Ezzel szemben a klímaváltozás hatása az élelmiszer termelése, a tengerszint emelkedése, a természeti katasztrófák következtében a lakosság kitelepítése és ennek népegészségügyi következményei esetleg csak néhány évtized múltán jelentkeznek.

A klímaváltozás, az időjárás– fertőző betegségek közötti kapcsolat

Mind a hőmérséklet, mind a felszíni víz fontos a rovarok által terjesztett fertőző betegségek szempontjából. Különösen nagy jelentőségű a malária, a dengue láz és a sárgaláz kórokozóját terjesztő szúnyogok szempontjából. A melegebb időjárás elősegíti a vektorok szaporodását és lerövidíti a kórokozó fejlődési ciklusát a vektor szervezetében. Másrészt azonban a nagyon magas hőmérséklet és a szárazság megrövidíti a szúnyogok túlélését. A rágcsálók is fontosak egyes fertőzések terjesztése szempontjából, áttelelésüket megkönnyíti az enyhe tél, így a következő évben növekedik a fertőzések terjesztésének veszélye pl. a kullancsok által terjesztett vírusos agyhártyagyulladás, vagy a bakteriális eredetű Lyme kór és a hantavírus okozta tüdőmegbetegedés. Egyes rágcsálók által terjesztett betegségek árvizek után válnak gyakoribbá, mint pl. a leptospirozis, tularaemia, vagy a vírusos vérvizelés (7,8).

A hasmenéses betegségek szezonális ingadozást mutatnak, mindenképpen összefüggnek az időjárással. Mind az árvizek, mind a szárazság fokozza a gyomor- bélmegbetegedések kockázatát.

A sztratoszférikus ózon réteg elnyeli az ultraibolya sugárzás nagy részét, elsősorban az emberi egészségre káros, rövidebb hullámhosszú UVB sugárzást. Közismert, hogy egyes halogenált vegyi anyagok mint például a klórfluorokarbon vegyületek, melyeket a hűtőgépek hűtőgázaként, vagy spray-ek szórógázaként használtak, továbbá a metilbromid reakcióba lép az ózonnal a rendkívül hideg poláris sztratoszférában. Az ózonréteg elsősorban a tél végén és kora tavasszal csökken.

Az 1980-as és '90-es években az északi félteke középső szélessége felett (mint például Európa felett) az éves átlagos ózon réteg csökkenés évtizedenként 4% volt, a déli félteke, elsősorban Ausztrália, Új Zeeland, Argentína és Dél-Afrika felett pedig 7%. Az északi félteke felett a maximális csökkenés 2020 körül várható, ekkor 10%-kal várható nagyobb effektív UV sugárzás az 1980-ban mért szinthez képest. Az 1980-as évek közepén a kormányok felismerték az ózonréteg csökkenésének káros következményeit. Az 1987-es Montreal Protokollt elfogadták, és az ózonréteg csökkenését előidéző gázok gyártását és forgalmazását betiltották. Ennek köszönhetően várható az ózonréteg majdnem teljes vissza-alakulása XI. század közepére.

A sztratoszférikus ózonréteg csökkenése többféle bizonyított és valószínűsített egészségkárosító hatást eredményez. Ezek a következők:

A bőrre kifejtett hatás:

- Rosszindulatú festékes bőrdaganat (melanoma)
- Egyéb rosszindulatú bőrdaganatok
- Leégés
- Idült napsugárzás okozta bőrelváltozások

- Fényérzékenység

A szemre kifejtett hatás:

- Heveny kötőhártya és szaruhártya gyulladás
- Szürkehályog
- A szem egyes részeinek rosszindulatú daganata

Az immunrendszerre kifejtett hatás

- A sejtes immunválasz elnyomása
- fokozott fertőzési fogékonyság
- a profilaktikus immunizálás hatásának csökkentése
- látens vírusfertőzések aktiválása (pl. herpesz)

Számos epidemiológiai tanulmány bizonyította (9), hogy az UV sugárzás növeli a bőrdaganatok kockázatát – ez a növekedés a XXI. század első negyedéig várható az ENSZ becslései szerint: ugyanis eddigre várható, hogy a lakosság viselkedésmódja megváltozik (túlzott napozás, szolárium használata). Az ózonréteg jövőbeni alakulást és az UVB expozíciót figyelembe véve a tudósok a bőrdaganatok 5%-os többlet növekedését jelzik előre 2050-re az északi félteke 45 szélességi fokára vonatkoztatva, míg az Amerikai Egyesült Államokban 10% növekedést jeleznek (10, 11).

Állatkísérletes eredmények szerint az UV sugárzás a szemlencse elhomályosodását, azaz szürkehályogot idézi elő. Humán adatok nem egyértelműen támasztják alá ezt az összefüggést.

Az UVB sugárzás immunrendszerre kifejtett hatásának további, humán eredményekkel történő megerősítése is szükséges (12).

Hazai vizsgálataink

A Nemzeti Környezet-egészségügyi Akcióprogram (NEKAP) keretében 2000. óta foglalkozunk a hazai klímaváltozás egészségkárosító hatásának vizsgálatával. Nagy volumenű program keretében került sor a klímaváltozás közvetlen egészségkárosító hatásának felmérésére Budapest halálozási és meteorológiai adatainak összevetésével hosszabb vizsgálati időszakra vonatkozóan (1970-2000). Vizsgáltuk továbbá az UVB sugárzás és a melanoma morbiditás, valamint a szürkehályog előfordulásának összefüggéseit térinformatikai módszerrel. A klímaváltozás közvetett hatásai közül a magyarországi viszonyok között jelentős problémákat, azaz az allergén pollentermelő növényfajok pollinációjának sajátosságait modelleztük az időjárási tényezők függvényében, valamint a vektorok által terjesztett megbetegedések területi vizsgálatához adatbázis kialakítását tűztük ki célul. Vizsgáltuk a kullancsok által terjesztett encephalitis (KE) és Lyme-kór morbiditás incidenciájának térbeli alakulását az utolsó öt évben.

Felhasznált adatok és alkalmazott módszerek

1. Az időjárási változók és a napi halálozás vizsgálata

A „Fodor József” Országos Közegészségügyi Központ Országos Környezet-egészségügyi Intézete és az ÁNTSZ Fővárosi Intézete együttműködésében végeztük el a statisztikai elemzéseket. A vizsgálatok a következőkre terjedtek ki:

A napi átlag, minimum, maximum hőmérséklet, a hőmérséklet ingadozások, (a napi átlaghőmérséklet különbségét az előző 5, 10, 15 nap átlaghőmérsékletéhez képest), a relatív páratartalom, légnyomás és a napi halálozás összefüggéseit elemeztük Budapest állandó lakosságára vonatkozóan, korcsoportos bontás nélkül. A halálozási adatok a Központi Statisztikai Hivaltól, a meteorológiai adatok az Országos Meteorológiai Szolgálatól származnak. Vizsgáltuk a napi összes halálozást (TM, kivéve a külső okok miatti halálozás $BNO9 \geq 800$), a légzőszervi betegségek miatti halálozást (RM, BNO9: 460-519), és a szív- és keringési betegségek miatti halálozást (CM, BNO9: 390-459).

Külön vizsgáltuk az összefüggéseket a nyári és a téli időszakra vonatkozóan. A következő "zavaró tényezőket" vettük figyelembe: az időjárás hosszútávú hatásai, szezonális, a hét napjai, influenza járványok adatai („Johan Béla” Országos Epidemiológiai Központ Heti Járványügyi Jelentése alapján).

Az irodalomban az utóbbi években általánossá vált statisztikai módszerrel, nevezetesen a Poisson regresszió számítás továbbfejlesztésével kialakított általános additív módszerrel (GAM) számoltuk az időjárási változók hatását a napi halálásra. A vizsgált tényezők összefüggésének eredményeként relatív kockázatot (RK) számoltunk, az eredmények szignifikanciáját a 95 %-os konfidencia intervallum alsó és felső értéke adja meg.

2. Sztratoszférikus ózonréteg csökkenése, kóros ultraibolya (UV) sugárzás és egészség

Az elemzésben a rosszindulatú festékes bőrdaganatok (melanoma malignum BNO-10: C43) és a szürkehályog (H25) megbetegedések területi eloszlásának halmozódását vizsgáltuk a globál sugárzás függvényében. A megbetegedési adatok forrása az Egészségügyi, Szociális és Családügyi Minisztérium GYÓGYINFOK adatbázisa az 1997-2001-es időszakra, valamint a globális sugárzás területi megoszlási adatai az Országos Meteorológiai Szolgálatól származnak.

Az összefüggéseket térinformatikai módszerrel, nevezetesen SCAN klaszter analízissel vizsgáltuk (13). Az indirekt standardizált megbetegedési hányados szignifikánsan magas értékeit megjelenítő klasztereket ábrázoltuk meg a globál sugárzás növekvő kategóriáit feltüntető térképen. Az összefüggés statisztikai valószínűségét korrelációs teszttel jellemeztük

3. Vektorok által közvetített megbetegedések kapcsolata a klimatikus változásokkal

A gyakori ízeltlábú vektorok (kullancsok) által terjesztett vírusos encephalitis (KE) és bakteriális eredetű (*Borrelia burgdorferi*) Lyme- kór morbiditási adatait a „Johan Béla” Országos Epidemiológiai Központ adatbázisából állítottuk össze. A laboratóriumi diagnózissal megerősített KE esetek regisztrálása 1958-tól folyamatos, a Lyme-kór esetek bejelentése 1998 óta kötelező. A kullancsok, ezen belül a virológiailag igazolt, fertőzött egyedek elterjedését az 1952-1982 között hazai felmérések alapján készült térkép mutatja be (14).

4. A klímaváltozás közvetett egészségi hatásai; az allergén pollentermelő növényekre és allergén penészgombákra gyakorolt hatás

A biológiai légszennyezők térbeli és időbeli megjelenését is elemeztük az ÁNTSZ Aerobiológiai Hálózat rendelkezésre álló 11 éves adatsora pollen és gombaspóra adatbázisa alapján Budapestre vonatkozóan. Ezeket az adatokat vetettük össze a Fővárosi ÁNTSZ

működtetésében lévő 8 online levegőtisztasági monitorállomás által rögzített meteorológiai paraméterekkel (hőmérséklet: /24 órás átlag T, min, max, T különbség/; relatív páratartalom, csapadék-mennyiség, szélsébség, napsütéses órák száma, és a légnyomás). A statisztikai elemzés során arra kerestük a választ, hogy kimutatható-e az aeroallergének termelésének növekedése az elmúlt 11 év során, másrészt vizsgáltuk a különböző meteorológiai tényezők változása és fontos allergén fajok éves, illetve napi koncentrációja közötti összefüggéseket.

Hazai vizsgálataink eredménye

1. Az időjárási változók és a napi halálozás vizsgálata

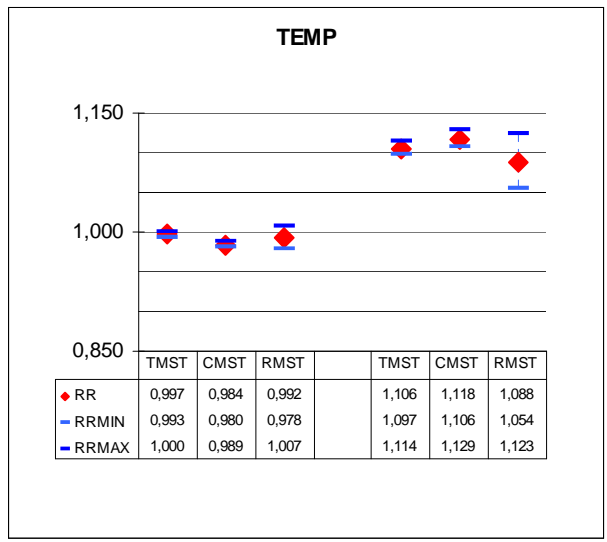
Az 1-6. ábráról leolvasható a hőmérséklet és a napi összes és okspecifikus halálozás kapcsolata. Az összefüggés nyáron a legkifejezettebb a napi össz halálozás és a hőmérséklet között. A 2. képről leolvasható, hogy 18 °C az ideális átlaghőmérséklet, ekkor legalacsonyabb a napi halálozás. 26 °C átlaghőmérsékletig lineáris összefüggés tapasztalható, majd e fölött egy erősebb növekedés figyelhető meg a halálozásban. Hasonló kapcsolat írható le a szív –és érrendszeri betegségek miatti halálozás növekedésében (4. ábra). Az 5-6. ábra szerint a légzőszervi halálozás napi esetszámai alacsonyabbak, s a hőmérséklet növekedés hatása elsősorban nyáron mutatható ki.

Az egyes időjárási paraméterek hatását az alábbi ábrák mutatják be:

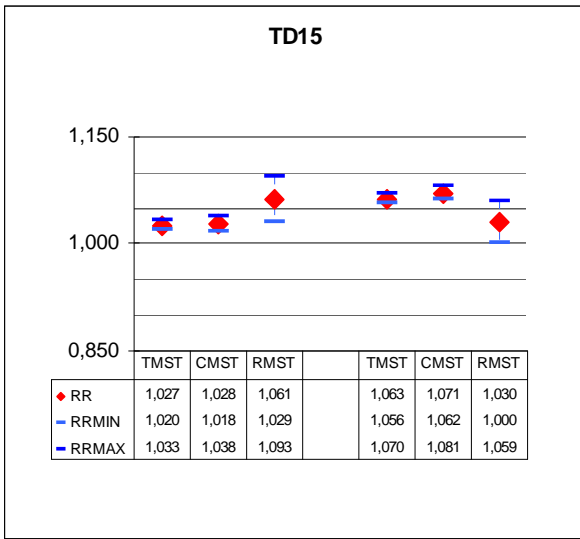
7. ábra: A napi átlaghőmérséklet 5 °C-os növekedésének hatása az össz, a szív-érrendszeri és légzőszervi halálózásra télen és nyáron Budapest, 1970-2000.

8. ábra: A napi átlaghőmérséklet 5 °C-os növekedése a megelőző 15 nap átlaghőmérsékletéhez képest és az össz, a szív-érrendszeri és légzőszervi halálózás összefüggése télen és nyáron Budapest, 1970-2000.

7



8

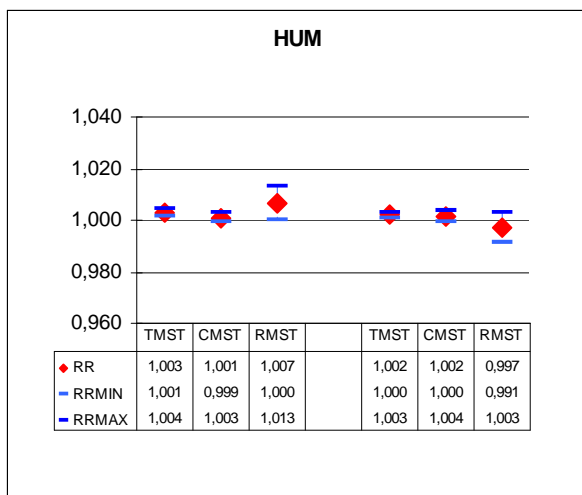


A 7. ábráról leolvasható, hogy a napi átlaghőmérséklet 5 °C-os növekedése szignifikánsan növeli az összes vizsgált halálózás kockázatát, legnagyobb mértékben, mintegy 10%-kal növekszik a szív-érrendszeri halálózás kockázata. Hasonlóan szignifikáns, hozzávetőleg 6,5%-os kockázatnövekedést jelent a hőmérséklet változékonysága is az összhálózás esetén, a szív-érrendszeri halálózás kockázatát 6,2%-kal növeli.

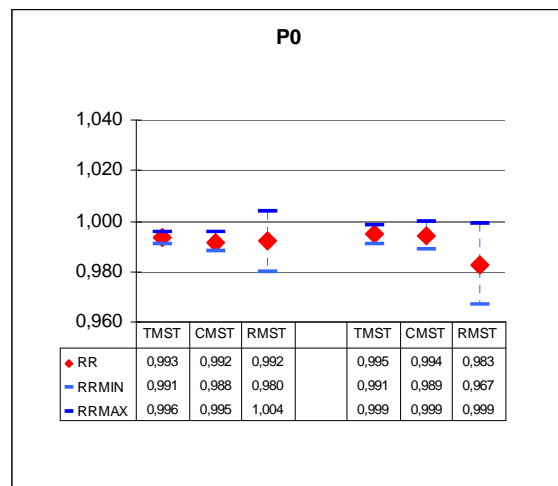
9. Ábra: A relatív páratartalom 5%-os növekedésének hatása az össz, a szív-érrendszeri és légzőszervi halálózásra télen és nyáron Budapest, 1970-2000.

10. Ábra: A légnyomás 5 Hgmm növekedésének hatása az össz, a szív-érrendszeri és légzőszervi halálózásra télen és nyáron Budapest, 1970-2000.

9.



10.

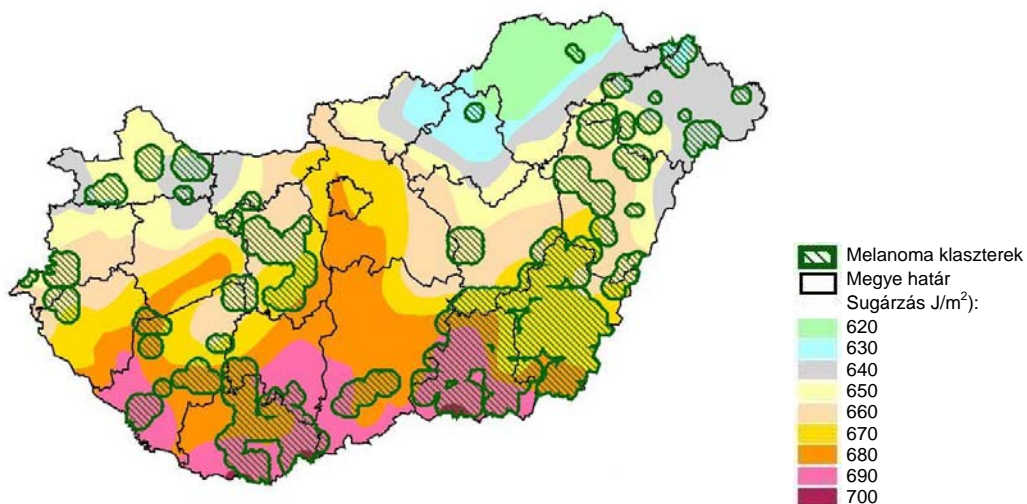


A 9. ábra alapján megállapítható, hogy a relatív páratartalom növekedése csupán a téli időszakban növeli meg 0,7%-kal a légzőszervi halálozás kockázatát. A légnyomás emelkedése viszont kedvezőbb; magasnyomású légtömegek esetén szignifikánsan csökken a halálozás kockázata Budapesten. Ez a védő hatás csupán télen nem szignifikáns a légzőszervi betegségek miatti halálozás tekintetében.

2. Sztratoszférikus ózonréteg csökkenése, kóros ultraibolya (UV) sugárzás és egészség

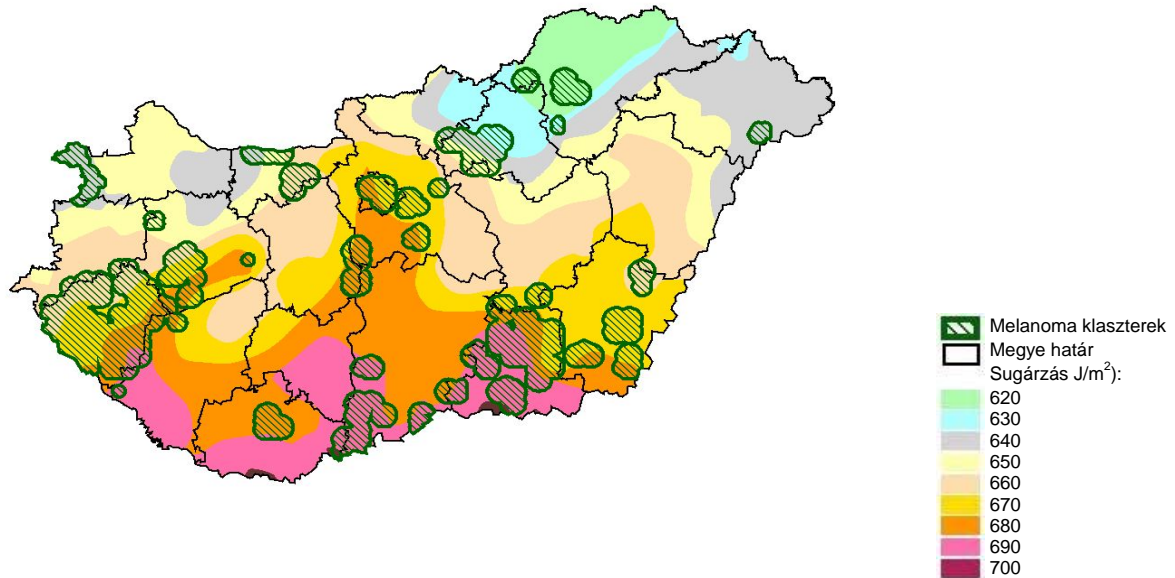
A melanoma daganatok (BNO 10: C43) indirekt standardizált megbetegedési hányadosának szignifikánsan magas értékeit megjelenítő klasztereket ábrázoltuk a globál sugárzás növekvő kategóriáit feltüntető térképeken (11. ábra).

Relation of morbidity of Melanoma (ICD-10: C43) with morphological codes, without stratification, between 1997-2001 and global radiation



Szignifikáns összefüggést állapítottunk meg a globális sugárzás mennyisége (MJ/m²) és a melanoma esetek térbeli halmozódása között (10. ábra)

12. ábra A szürkehályog (BNO-10.: H25) megbetegedések területi halmozódása, korcsoportos bontás nélkül, 1997-2001. Morbidity from cataract, 1997-2001 and global solar radiation



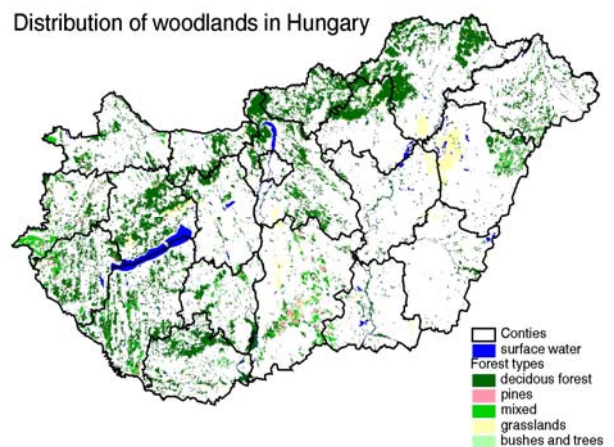
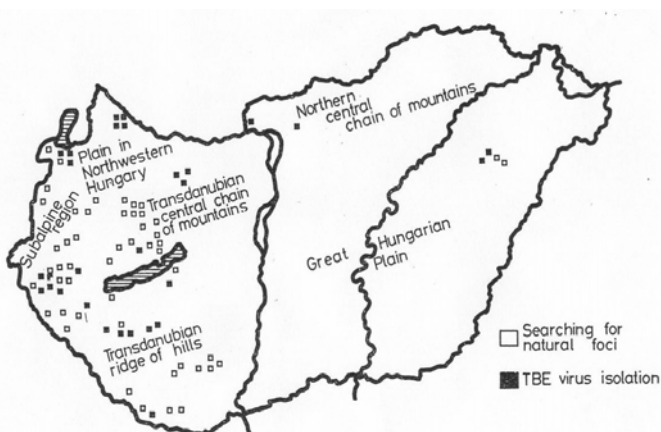
A szürkehályog esetek halmozódása, hasonlóan a melanoma daganatokéhoz elsősorban az ország déli részén, illetve Vas megyében fedezhető fel (11. ábra)

3. Vektorok által közvetített megbetegedések kapcsolata a klimatikus változásokkal

13. ábra. A kullancs encephalitis fertőzések területi megoszlása és az erdőborítottság

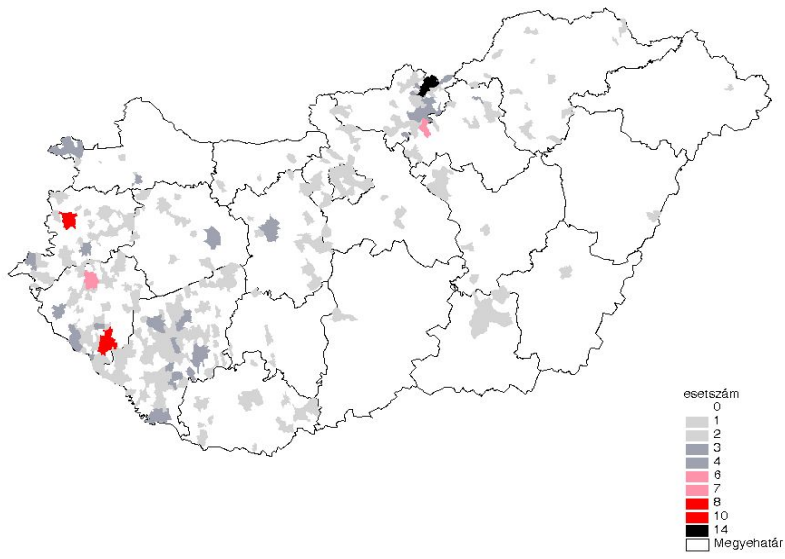
a

b

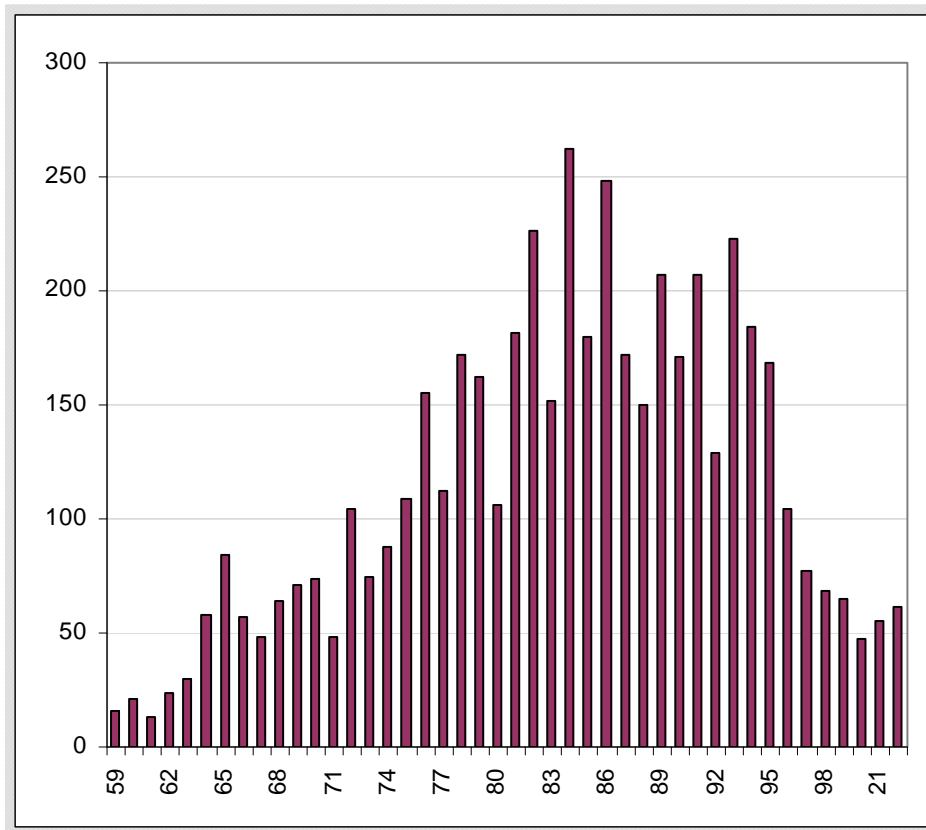


c

A kullancsos agyhártyagyulladás esetszámainak eloszlása 1996 és 1999 között



14. ábra A laboratóriumi vizsgálattal igazolt kullancs encephalitis esetek időbeli megoszlása Magyarországon, 1959-2002.



Az 1952-1982 között gyűjtött, szerológiai vizsgálatokkal megerősített KE esetek hazai területi eloszlását mutatja a 13. a/ térkép. A 13. b/ térképen az erdős területek nagysága és eloszlása látható, a 13. c/ térképen pedig az újabb megbetegedési KE adatok (1996-1999) kerültek ábrázolásra. Látható, hogy a '90-es évek végén az alacsonyabb összes esetszám mellett a területi eloszlásban jelentős átrendeződés történt: fertőzött gócok jelentek meg a régebben fertőzésmentes Alföldön.

A vírus encephalitis (KE) esetszámok harang alakú görbe eloszlását mutatják (14. ábra), főként az 1980-as években megfigyelt kiugróan magas morbiditások miatt. Szembetűnő az utóbbi 10 évben megfigyelhető KE esetszám csökkenés. Hazánkban a Lyme-kórral regisztrált betegek száma kb. 15%-os folyamatos emelkedést mutat 1999 óta.

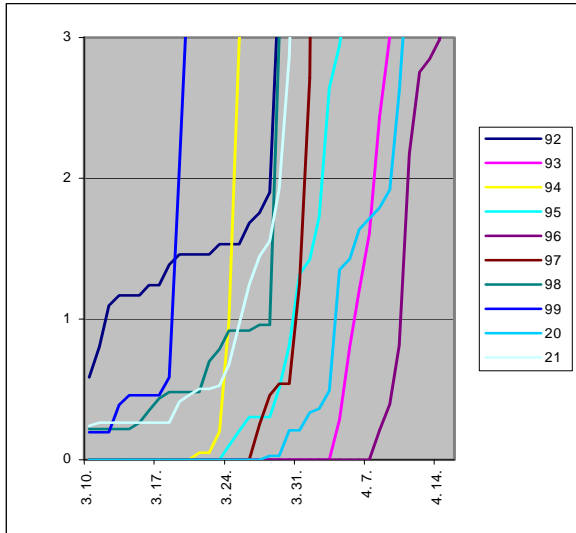
4. A klímaváltozás közvetett egészségi hatásai; az allergén pollentermelő növényekre és allergén penészgombákra gyakorolt hatás

A melegedő klíma és az allergén pollent termelő növények virágzási szezonjának vizsgálatakor az alábbi eredményeket állapítottuk meg. A kora tavasszal virágzó fák virágzási szezonja korábban indul, akár 2 hónapos időbeli ingadozások is elképzelhetők a napi maximális hőmérséklet változásával összhangban a 11 éves adatbázis elemzése alapján. Szignifikánsan megnövekedett aeroallergén koncentrációt tapasztaltunk a vizsgálati periódus alatt ($\beta = 24,35$; $p < 0,000$) a fővárosban. Jelentősen megnőtt az allergén gombaspórák mennyisége is a légkörben ($\beta = 268,86$, $p < 0,000$). Az allergén pollen koncentrációk közül erős korreláció figyelhető meg a fű és gyomnövények pollen mennyisége és a napi maximális hőmérséklet között ($r = 0,51$, $p < 0,000$). Negatív korreláció állt fenn mind a relatív páratartalom, mind a légnyomás és az aeroallergének napi koncentrációja között.

A fűfélék, valamint a nyári allergén gyomnövények (pl. parlagfű) esetén a virágzás kezdetének ideje kevésbé ingadozik.

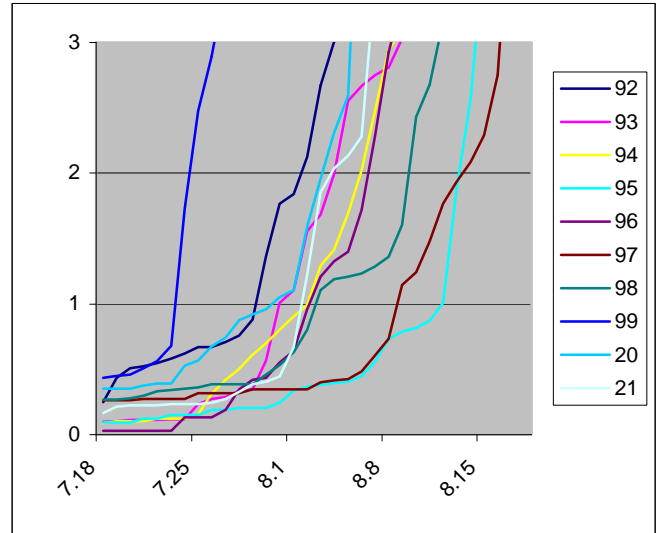
15. ábra

Nyírfa virágzás kezdetének variabilitása



16. ábra

A parlagfű virágzás kezdetének ingadozása a vizsgálati évek alatt



Megbeszélés

1. A klímaváltozás hatására bekövetkező melegedés hazánkban is tapasztalható. Budapesten az 1901-2000-re vonatkozó adatsor elemzése alapján 1,02 °C növekedést figyeltek meg a 100 év alatt (15)

A klímaváltozás egészségi hatásainak magyarországi vizsgálatával a 3. Környezetvédelmi és Egészségügyi Miniszteri Konferencia deklarációjában foglaltak értelmében kezdtünk el foglalkozni a Nemzeti Környezet-egészségügyi Akcióprogram keretében. Az 1970-2001-re vonatkozó budapesti napi időjárási és halálozási adatok elemzése alapján megállapítottuk, hogy az időjárási tényezők közül a hőmérséklet hatása a legfontosabb. A hatás nemcsak az abszolút értéktől, hanem a változékonyságtól is függ. Az irodalomban az utóbbi években több szerző is beszámolt arról, hogy városi körülmények között a magas hőmérséklet emeli a halálozás kockázatát (16, 17, 18). Például Chicagóban 1995-ben egy öt napig tartó hőhullám során a napi halálozás 85%-kal volt magasabb, mint az ugyanabban az időben, egy évvel azelőtt regisztrált halálozások száma, 514 ember vesztette életét (12/ 100 000 fő), és 3300 többlet sürgősségi betegellátásra került sor. (19, 20). A 2003. év hőhulláma Franciaországban, Párizsban okozott igen magas, 11400 többlet halálozást (5)

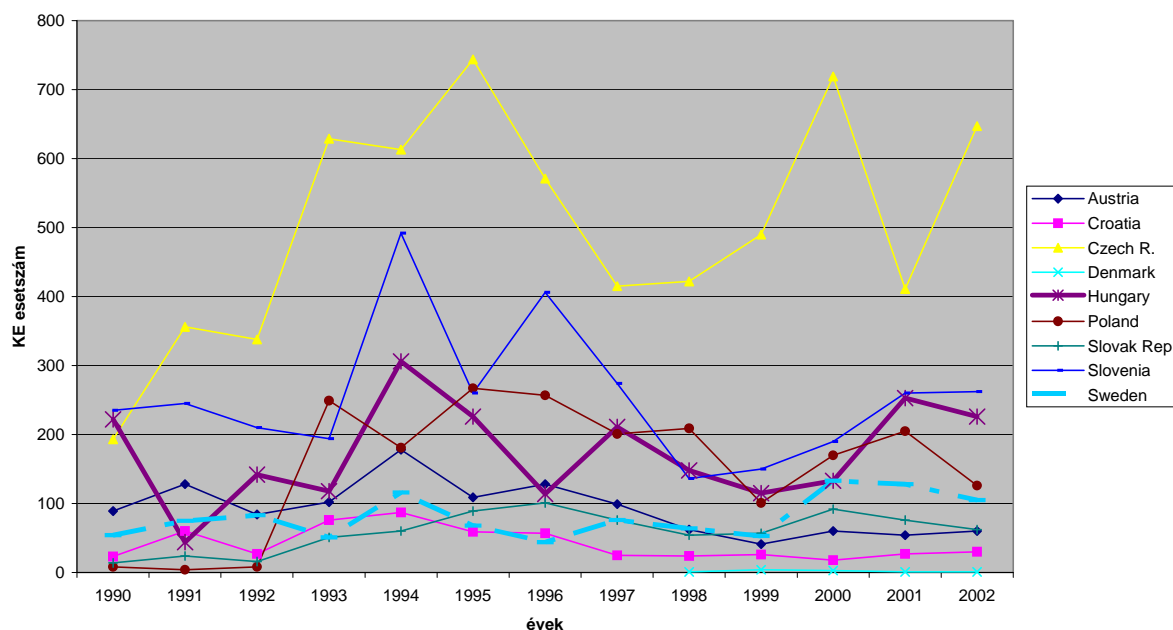
Az extrém és hosszan tartó hőhullámok különféle tüneteket idézhetnek elő (görcsös állapot, eszméletvesztés, kiszáradás, hóguta). Ezek a tünetek akkor lépnek fel, amikor a külső hőmérséklet tartósan a megszokott hőmérséklet fölé emelkedik. Az időjárás-halálozás összefüggésének modell vizsgálataira hívták fel a figyelmet, hogy például az Egyesült Államok észak-nyugati és közép keleti városaiban a legtöbb többlethalálozási esetet a nyári hőmérséklet változásai idézik elő, és azon területek lakossága a legérzékenyebb, ahol viszonylag ritkán és szabálytalanul fordulnak elő extrém hőhullámok (16). Az érzékeny lakosságcsoportok fiziológiai és magatartásbeli adaptációja csökkentheti a hőhullámmal kapcsolatos többlet halálozást és megbetegedéseket. Bár az irodalomban még nem állnak rendelkezésre olyan adatok, amelyek bizonyítanák a hőhullámokhoz való hosszútávú adaptációt, úgy tűnik, hogy a nyár előrehaladtával növekszik az adaptációs készség, és a kora nyári időszakban bekövetkező hőhullámok több halálozást okoznak, mint a később bekövetkező hőhullámok (16).

Az érzékeny populációt tekintve a városi lakosság van kitéve a legnagyobb kockázatnak. A hőhullámoknak tulajdonítható többlet halálozás nagyobb esetszámmal fordul elő a városokon belül, mint a környező településeken (21). Ennek oka az, hogy a városok építményei visszatartják a hőt az éjszakák folyamán, így a városok viszonylag magasabb minimum hőmérséklete az észlelt többlethalálozás jelentős kockázati tényezője (22, 23). A budapesti elemzés eredményei összhangban vannak az idézett megállapításokkal.

2. A jelenlegi irodalmi adatok egyértelmű oksági összefüggést írtak le a napsugárzás okozta expozíció és a festékes és egyéb bőrdaganat megbetegedések között (8, 24, 25). Elemzésünk alátámasztja ezeket a megfigyeléseket. A szemlencse elhomályosodása a természetes öregedési folyamat része, bár egyes feltételezések szerint az UVB sugárzás felgyorsíthatja ezt a folyamatot, főként nőknél végzett vizsgálatok szerint (26). A közölt irodalmi adatok ellentmondásosak, a hazai eredmények is további megerősítésekre szorulnak. (27, 28)

3. A vektorok által közvetített megbetegedések közül hazánkban főként a fertőzött kullancsokban található arbovírusok okozta fertőzések jelenlététől kell tartanunk. A KE csökkenése a mérsékelt égöv több országában pl. balkáni országok (29) is megfigyelhető, ezzel szemben az utóbbi években Skandináviában figyelnek meg egyre több esetet (17. ábra). A hazai csökkenés több okkal magyarázható:

KE esetszám alakulása válogatott európai országokban 1990-2002



17. ábra Kullancs encephalitis esetek előfordulása néhány európai országban, 1990-2002

1977 óta létezik védőoltás hazánkban e kullancsok terjesztette KE betegség ellen. 1977-1991 közötti időszakban a legveszélyeztetettebb populációk (munkahelyen exponáltak, erdőmunkások, turisták, gyakran kempingezők) átoltottak, amely hozzájárulhat -egyéb társadalmi-szociális tényezők változása mellett- az esetszám csökkenéshez. 1991 óta receptre írható és kapható a védőoltás. A lakosság ~5%-a részesült védőoltásban. Ugyanakkor felmerülhet, hogy szerepet játszik az esetszámok csökkenésében az is, hogy a kullancsok életciklusa során vírussal való fertőződésüket befolyásolhatja a klíma, a melegedés és a relatív páratartalom csökkenése hozzájárulhat az érzékeny flavivírusok aktivitásának gyengüléséhez. Nem ismert azonban egyelőre a Lyme-kórt okozó baktérium (*Borrelia burgdorferi*) és különböző meteorológiai tényezők közötti kapcsolat. Nem zárható azonban ki, hogy a baktérium spórás állapotban képes lehet ellenállni az emelkedő hőmérsékletnek. Molekuláris biológiai eredmények arra utalnak, hogy a kullancsok egyszerre többféle kórokozóval is fertőződhetnek, mint például a KEV mellett *Pasteurella tularensis*, *Babesia microti*, *Borrelia burgdorferi*, és *Anaplasma/Erlichia* is (30, 31, 32). Kullancsok aktív periódusának hosszabbodásával az előfordulás valószínűsége is növekedhet. A KE fertőzések területi halmozódását bemutató térképek arról tanúskodnak, hogy a fertőzés csökkenő tendenciája mellett egyre inkább áttérjed az Alföldre és az Északi Középhegység vidékére. Ezek az új pontok egyben a Lyme-kór megjelenésének területével is megegyeznek (33) Szúnyogok által terjesztett fertőzések közül 2003 nyarán jelentkezett először a West Nile vírus, mint néhány sporadikus idegrendszeri (főként agyhártyagyulladás) megbetegedés okozója (34).

4. Több irodalmi adat foglalkozott már az emelkedő hőmérséklet és a pollenszezonok jellegzetességeinek kapcsolatával (35, 36, 37). Az extrém meleg nyarakon korábban kezdődő, s tovább elhúzódó fűfélék és a parlagfű, valamint az üröm virágzása sok embert érintő komoly népegészségügyi probléma hazánkban. Agrometeorológiai számításaink, amelyeket végeztünk a növények virágzásának előrejelzéséhez a teljes hőösszeg kiszámításának

felhasználásával. Meghatároztuk 8 fontos allergén növényfaj virágzásához, valamint a főbb allergén gombaspórák megjelenéséhez szükséges hőösszeg igényt, amely a pollenszórás idejének ingadozásával szoros korrelációt mutatott.

Mi a teendő a továbbiakban?

A klímaváltozás a többi emberi tevékenység által indukált környezeti változáshoz hasonlóan veszélyt jelent az ökoszisztémára, így az emberi társadalomra is. Nemzetközi szinten a WHO, a Meteorológiai Világszolgálat és az ENSZ továbbra is együttműködik a klímaváltozás és annak egészségkárosító hatásai kutatásában, információ cserében, és továbbképzésekben. Továbbra is vizsgálni kell a klímaváltozást, az időjárás és az egészség kapcsolatát hosszabb idősorok elemzésével. A nemzetközi ajánlás szerint ki kell alakítani a nemzeti monitorozó és értékelő rendszereket. Magyarországon ez a kutatás a Nemzeti Környezet-egészségügyi Akcióprogram keretében folyik az alábbi célkitűzésekkel:

- Az extrém időjárási helyzetek hatásának további vizsgálata, az egyes időjárási tényezők szerepének jobb megismerése, a halandóság és a sürgősségi betegfelvételek összefüggése az extrém időjárási helyzetekkel
 - Időjárás-egészségi hatás előrejelző rendszer kidolgozása, „hőség-riadó” működtetése
 - A humán adaptáció elősegítése
- Fertőző betegségek és az időjárás változás összefüggései
 - Kullancsok által terjesztett betegségek további elemzése
 - A kullancspopuláció fertőzőittségének felmérése molekuláris biológiai módszerekkel; az erdőszűcs és a fertőzött kullancsok közötti kapcsolat vizsgálata
 - Rágcsálók által terjesztett betegségek alakulásának vizsgálata (Hantavírus fertőzőittség változása, haemorrhagiás láz incidenciájának elemzése)
- Sztratoszférikus ózonréteg csökkenésének hatása
 - Bőrdaganatok gyakoriságának vizsgálata
 - Szürkehályog és az UVB sugárzás kapcsolatának további elemzése
 - Az UVB sugárzás immunszuppresszív hatásának immunológiai vizsgálata
 - Humán adaptáció elősegítése; Mind a bőrrák incidenciájának növekedése, és területi halmozódása, mind a szürkehályog esetek elhelyezkedése szükségessé teszi az UVB sugárzás káros hatásainak megelőzésére irányuló felvilágosítások, kampányok szervezését.
- A klímaváltozás hatása az ökoszisztémára: allergén növények pollinációjának vizsgálata, előrejelzések készítése Az allergén pollentömeget termelő gyomokkal kapcsolatos középtávú előrejelzések bevezetése segítheti a prevenciós előkészületek (gyomirtás, akciók, gyógyszer szedés korai megkezdése) jobb, pontosabb időzítését. Ez a tény elősegítheti az ilyen témájú egészségnevelési információk lakossághoz való eljuttatását is.

Irodalom

1. Intergovernmental Panel on Climate Change. „Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability – Contribution of Working Group II to the third

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Geneva: February, 2001.

2. Fagan B. (1999): Floods, Famines and Emperors, El Nino and the Fate of Civilisation. New York: Basic Books
3. Climate Change and Human Health – Risks and Responses. Summary (2003): WHO, Geneva. 1-37
4. McMichael A. J. (1993) .Global Environmental change and human population health: a conceptual and scientific challenge for epidemiology. *Int J Epidemiol*(22): 18.
5. <http://www.invs.sante.fr>
6. WHO, The World Health Report 2002. Geneva: WHO, 2002
7. Lindgren E., Gustafson R. (2001): Tick-borne encephalitis in Sweden and climate change (2001): *Lancet* 358(9275):16-87
8. Patz JA et al (2000): Effects of environmental change on emerging parasitic diseases (2000): *Int J Parasitol*, 30(12-13): 1395-405
9. IARC Solar and ultraviolet radiation. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Vol55. (1992) Lyon, France International Agency for Research on Cancer
Madronich S, De Grujil FR (1993): Skin cancer and UV radiation. *Nature* 366(6450):23
10. Pennelo G, Devesa S, Gail M (2000): Association of surface ultraviolet B radiation levels with melanoma and non-melanoma skin cancer in United State blacks. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 9(3):291-7
11. Ponsonby A-L, McMichael AJ, van der Mei I. (2002) Ultraviolet radiation and autoimmune disease: insights from epidemiological research. *Toxicology*, 181-182:71-78.
12. Slaper H et al (1996): Estimates of ozone depletion and skin cancer incidence to examine the Vienna Convention achievements. *Nature* 384(6606)256-8.
13. Nador G, Paldy A, Zsomboki-Bakacs M, Pinter A, Vincze I. (2002): Geographical aspects of mortality and morbidity data in Hungary: a GIS analysis in D.J. Briggs et al. (eds.), *GIS for Emergency Preparedness and HealthRisk Reduction*, 293-316. Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands
14. Molnár E. (1982). Occurrence of tick-borne encephalitis and other arboviruses in Hungary *Geographia Medica* 12: 78-118.
15. Szalay S, Szentimrey T: Melegedett-e Magyarország éghajlata a XX. Században? Dr.sen. Berényi Dénes születésének centenárius jubileumi tudományos ülése. Szerk.: dr. Szász Gábor, 2001. DE-MTA-OMSZ, Budapest

15. Rooney C., McMichael A.J., Kovats R.S., Coleman M. (1998): Excess mortality in England and Wales, and in the Greater London, during the 1995 heatwave. *J Epidemiol Community Health* (52): 482-486
16. Kalkstein L.S. Smoyer K.E. (1993): The impact of climate change on human health: Some international implications. *Experientia* 49(11): 969-79
17. Kalkstein L.S., Green J.S. (1997): An evaluation of climate/mortality relationships in large US cities and the possible impacts of climate change. *Environ Health Perspectives* 105(1): 84-93.
18. Centers for Disease Control and Prevention (CDC)(1995): Heat-related deaths – United States 1995. *Morbidity and Mortality Weekly report* (44): 577-579
19. Semeza J.C., Rubin C.H. Falter K.H. (1996): Heat related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. *New England J Med* 335(2): 84-90
20. Semenza, J.C., Mc Culloch, D.W., Flanders, M.A., McGeehin, Lumpkin J.R. (1999): Excess hospital admissions during the 1995 heat wave in Chicago. *Am J Prev Med* (16): 269-77
21. Landsberg H.E. *The urban climate*, Academic Press, New York, 1981
22. Buechley R.W. Bruggen J.V. Truppi L.E. (1972): Heat island =death island? *Environ Res* (5): 85-92. .
23. Clarke J.E. (1972): Some effect of the urban structure on heat mortality, *Environ Res* (5): 93-104
24. *Environmental Health Criteria 160*, WHO publication: Ultraviolet radiation 1994
25. Krickler A. (1995): A dose-response curve for sun exposure and basal cell carcinoma *Int J Cancer*, 60(4): 482-488.
26. Szabó J (1997): Prevalences of Cataract Surgery in Hungary between 1994-1997. *Centr.Eu J Occup Environ Med* 5(1): 35-42.
27. Cruickshanks KJ, Klein BE, Klein R (1992): Ultraviolet light exposure and lens opacities: the Beaver Dam Eye Study. *Am J Public Health* 82(12): 1658-62
28. Hayashi LC, Hayashi S, Yamaoka K, Tamiya N, Chikuda M, Yano E (2003): Ultraviolet B exposure and type of lense opacity in ophthalmic patients in Japan. *Sci Total Environ* 302(1-3):53-62
29. <http://www.tbe-info.com/epidemiology/index.html>
30. Kálmán D, Sréter T, Széll Z, Egyed L (2003) *Babesia microti* infection of anthropophilic ticks (*Ixodes ricinus*) in Hungary *Annals Trop Med Parasit* 97(3): 317-319

31. Ferenczi E, Rácz G, Szekere J, Balog K, Tóth E, Takács M, Csire M, Mezey I, Berencsi Gy, Faludi G. (2003) Újabb adatok a hazai Hantavírusok népegészségügyi jelentőségének vizsgálatához Orv Hetil 144(10): 467-474.
32. Faludi, G., E. Ferenczi. 1995. Seriologically verified Hantavirus infections in Hungary, *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 42: 419-426.
33. <http://www.ma.hu>
34. Ferenczy E. (2003): személyes közlés
35. Emberlin, J. (1994): The effects of patterns in climate and pollen abundance on allergy *Allergy* 49(Suppl. 18): 15-20.
36. Emberlin, J., Mullins, J., Corden, J., Millington, W., Brooke, M, Savage, M., Jones, S. (1996) Changes in the flowering times of Birch trees in England and Wales; a biotic response to global warming? Programme and the summaries of the European Symposium on Aerobiology, Santiago deCompostella, > 11-13. Sept. p.107.
37. Frenguelli, G., Spiexsma, F.Th., Bricchi, E., Romano, B., Mincigrucchi, G., Nikkels, A.H., Dankaart, W., Ferranti, F. (1991) The influence of air temperature on the starting dates of the pollen season of *Alnus* and *Populus*. *Grana*, (30): 196-200.