

Trájer Attila János¹ és Páldy Anna²

¹Pannon Egyetem, Fenntarthatósági Megoldások Kutatócsoport, Veszprém / Pannon University, Sustainable Solutions Research Group, Veszprém

²Nemzeti Népegészségügyi Központ, Budapest / National Public Health Center, Budapest

DOI: <https://doi.org/10.29179/EgTud.2021.1.4-29>

Az antropogén éghajlatváltozás várható növény-, állat- és humánegészségügyi következményei a 21. század második felében

Predictable consequences of anthropogenic climate change on plant, animal and human health in the second half of the 21st century

Összefoglalás

A klímaváltozás a környezetben okozott jelentős változásokon keresztül az emberi egészségre is hatást gyakorol. Ezek a hatások lehetnek közvetlenek, mint például a rendkívüli időjárási események, vagy közvetettek, mint az ökológiai és biofizikai környezetben bekövetkezett változások, amelyek befolyásolják a terméshozamokat, így az élelmiszertermelést, az élelmiszerek és a vektorok által közvetített betegségek átviteli esélyének növekedését, az áradások gyakoriságát és ehhez kapcsolódóan a vízminőség (bakteriális fertőzések, kémiai szennyezések) változását. Ezeket a kockázatokat csak az „Egy Egészség” megközelítés alkalmazásával, a különböző szektorok, érintettek és szakterületek szoros együttműködése keretében lehet eredményesen kezelni.

A növekvő átlaghőmérséklet, a szezonális csapadékhullás mintázatának átrendeződése hatással lesz a jelenlegi mezőgazdasági és erdészeti gyakorlatra, az antropogén klímaváltozás növeli az erdőtüzek bekövetkeztének esélyét; talajdegradációt idéz elő; inváziós növényfajok és növénykártevők megjelenését és elterjedését vonja maga után; valamint növeli a gombakártevők által okozott mezőgazdasági károk és a gombaspórák okozta egészségügyi ártalmak mértékét.

A klímaváltozás növeli a hóhullámok bekövetkeztének valószínűségét és az évente jelentkező hóhullámok abszolút hosszát; ami jelentős többethalálózást okozhat a prevenció és az alkalmazkodás erősítése nélkül. Romlik a levegőminőség, nő a levegőben jelenlévő pollenek, gombaspórák koncentrációja, ami tovább emelheti a fertőzések és allergiás légúti megbetegedések számát. Romlik a gyógyszerek eltarthatósága, illetve változik a gyógyszerek hatása, hatástartama. Mindezek mellett a klímaváltozás növeli a pszichés betegségek (pl. a klímaszorongás, ökológia, előfordulását és a jövő miatt aggodalmamat is,

Kulcsszavak: klímaváltozás, növény, állat humán egészség, rendkívüli időjárási események

Abstract

Climate change has an impact on human health due to significant changes in the environment. These effects can be direct as extreme weather events or indirect like changes in the ecological and biophysical environment affecting crop, food production; the increase of the probability of transmission of food and vector borne diseases, frequency of floods and related changes of water quality (bacterial contamination,

chemical pollution). These risks can only be handled by the application of „One health” concept with close intersectoral collaboration.

The changes of the patterns of increasing mean temperature and seasonal precipitation will have an impact on the present agricultural and forestry practice; the anthropogenic climate changes increase the risk of wild fires, soil degradation, appearance of invasive plant species and pests, as well as agricultural losses caused by fungi and health risks due to fungal spores

Climate change increases the probability, the absolute number and intensity of yearly occurring heat-waves causing a significant excess mortality without strengthening prevention and adaptation. Air quality will worsen; the airborne pollen and fungal spore content increases contributing to the increase of the prevalence of infectious and allergic respiratory diseases. The preservation of medicines will be affected; the effectiveness of these substances will change. Lastly, climate change will increase the occurrence of mental disorders, eco-grave, anxiety for the future.

Keywords: climate change plant, animal human health, extreme weather events

EGÉSZSÉGTUDOMÁNY

2021;65(1):4-29

HEALTH SCIENCE

Közlésre érkezett: 2020. december 12.

Submitted: 12 December 2020

Elfogadva: 2021. március 5.

Accepted: 5 March 2021

Levelezési cím/Correspondence:

Dr. Trájer Attila János

Pannon Egyetem, Fenntarthatósági Megoldások

Kutatócsoport

E-mail: atrajer@gmail.com

Bevezetés

A klímaváltozás minden valószínűség szerint a leg-súlyosabb környezeti és egészségügyi kihívás a 21. században¹. A tudományos közösség megállapítása szerint a 20. század második felében végbement mintegy 0,5°C-os melegedés nagy valószínűséggel emberi eredetű, és gyakorlatilag kizárható, hogy ez a környezetünk állapotában végbement természeti eredetű ingadozás².

Az IPCC IV. és V. jelentése szerint a várható éghajlatváltozással kapcsolatos az emberi egészséget érintő fő kockázatok globális szinten: alultápláltság; hőhullámok, árvizek, viharok, tüzesetek és aszályok miatti megnövekedett halandóság, betegségek és sérülések; a gastrointestinális megbetegedések számának növekedése; a malária kórokozójának és vektorának elter-

jedését érintő, ellentétes irányú hatások megjelenése Afrikában; a szív- és érrendszeri megbetegedések gyakoribbá válása az éghajlatváltozással összefüggő felszinközeli ózonkoncentráció növekedésének következtében; néhány fertőző betegség vektorainak megváltozott térbeli terjedése; az allergén növények térbeli és időbeni megjelenésének megváltozása: a virágzási szezon megnyúlása, illetve új, invazív fajok megjelenése adott területeken.

Az Európai Unió stratégiája³ a korábbi Fehér Könyv „Adapting to climate change: Towards a European framework for action” megállapításain alapszik, ami javasolta az egészségügyi és szociális ellátó rendszer klímaváltozással szembeni rugalmasságának megerősítését. Kiemelte a klímaváltozásnak az emberi, állati és növényi egészségre kifejtett hatása megfelelő felügyeleti rendszerének biztosítását.

A klímaváltozásnak az állatok és növények egészségére kifejtett hatásait elsősorban a megjelenésben, gyakoriságban, a betegségek földrajzi elterjedésében és annak gyorsaságában lehet észlelni, továbbá új állati és növényi kórokozók megjelenésével lehet jellemezni. Ezek a hatások érintik a mezőgazdaságot, erdőgazdaságot és az élelmiszerbiztonságot. Általában elmondható, hogy a klímaváltozás nem idéz elő új és ismeretlen egészségkockázatot, hanem növeli bizonyos interakciók számát a környezet és a humán-, állat- és növényegészségügy terén súlyosabb és kifejezettebb következményekkel, mint ahogy azt jelenleg látjuk. A legtöbb népegészségügyi, állat- és növényegészségügyi intézkedés és rendszer már létezik, de ezeket az új helyzeteknek és követelményeknek megfelelően kell alakítani.

Az EU hangsúlyozza, hogy az egészségkockázatok kezelését interszektoriális együttműködésben kell

kezelni, melyhez a 2008-ban az USA-ban kidolgozott "Egy egészség" (One health) koncepció mutat irányt. A koncepció elsődleges fontosságot tulajdonít az élelmiszerbiztonságnak és a zoonózisoknak, hiszen azokat a fertőzéseket, amelyek egyaránt megtámadnak embert és állatot, egy szektor egyedül nem tudja leküzdeni. Ezért a jövőben erősíteni kell az együttműködést a népegészségügyi, állat-, növény- és környezeti/környezetegészségügyi szakemberek között a hatékony stratégia és cslekevesi tervek kialakítása során. Az EU is nagy hangsúlyt fektet az „Egy egészség” elvének alkalmazására a klímaváltozás hatásaival kapcsolatos felkészülésben. 2018-ban egy ajánlást jelentetett meg az ECDC „Towards One Health preparedness” címmel⁴. Az általános ajánlások között kiemelik a korai figyelmeztető és surveillance rendszerek (beleértve a tüneti alapú felügyeleti rendszereket is) megerősítését, nagyon fontos a különböző szektorok által fenntartott adatbázisok közötti kommunikáció kialakítása, a klíma és meteorológiai adatok beépítése az epidemiológiai surveillance-ba. Hangsúlyozzák a szakemberképzés jelentőségét is.

Az éghajlatváltozás az elmúlt évtizedekben az egyik legfontosabb környezetvédelmi kérdéssé vált, de az emberek, az állatok és a növények egészségét veszélyeztető hatásai, más szintén fontos kérdésekhez képest, eddig kevés figyelmet kaptak. Számos nemzetközi tanulmány és kiadvány készült már, amelyek globális szinten értékelik a klímaváltozás egészségkockázatait, így egyre inkább indokoltá vált egy kifejezetten Magyarország helyzetével foglalkozó „Éghajlatváltozás és egészség” című, a nemzetközi és hazai tudományos eredményeket összefoglaló jelentés elkészítése. Az Emberi Erőforrások Minisztériuma egészségügyért felelős államtitkársága 2020 júliusában megbízta az Eötvös Lóránd Kutató Hálózat Társadalomtudományi Kutatóközpontot egy, ezzel a kérdéssel foglalkozó jelentés elkészítésével. A jelen közlemény a Jelentés első fejezetének alapját képező tanulmány, amelyben áttekintjük az éghajlatváltozás már megtapasztalt és várható hatásait a növények, állatok és emberek egészségére elsősorban a hazai kutatási eredmények alapján.

Az éghajlatváltozás várható hatásai a növényi életre és a mezőgazdaságra

Az antropogén klímaváltozás szempontjából a Kárpát-medence a világ egyik legsérülékenyebb terüle-

tének számít⁵. Az éghajlatváltozás várható elsődleges hatásai Magyarországon abban állnak, hogy a globális felmelegedés miatt a nyugati szelek öve Európában Skandinávia irányába tolódik, aminek következtében a Kárpát-medencében a téli időszakban enyhébb, de csapadékosabb időjárás, viszont nyáron szárazabb és melegebb időjárás lesz tapasztalható, valamint a vegetációs periódus kiszélesedését fogjuk tapasztalni. Az előrejelzések szerint ugyan az éves csapadékmennyiség csökkenése nem lesz jelentős^{6,7}, a csapadékviszonyok éves mintázatának átrendeződése azonban növeli az aszályok kialakulásának kockázatát és azok intenzitását a vegetációs periódusban⁸. A nyarak melegedésével párhuzamosan megnő az éves párolgás mértéke. Ezzel párhuzamosan nyáron csapadékhiány várható, fokozott aszályveszélyt eredményezve⁹. A gyorsan emelkedő nyári átlaghőmérséklet és a csökkenő csapadékmennyiség együttesen a vegetációs időszak derekán negatív vízmérleget eredményezhet, ami indokolja a fokozott aszályveszéllyel kapcsolatos jövőbeli aggodalmakat. Mivel az előrejelzések szerint a téli felmelegedés üteme a nyárinál kisebb mértékű lesz⁷, a felmelegedés nem vonja maga után a mezőgazdasági szempontból is hasznosítható időszak kiszélesedését.

Erdőgazdálkodási és vegetációs változások

Somogyi az elmúlt évtizedekben felnőtt bükk (*Fagus sylvatica*), kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea*) és csertölgy (*Quercus cerris*) faanyagot vizsgálva arra jutott¹⁰, hogy a 20. század második felében zajló felmelegedés növelte ezen fák biomassa-hozamát (amihez az emelkedő szén-dioxid szint is hozzájárulhatott - Trájer A. megjegyzése); azonban Somogyi is megjegyezte, hogy az éves vízmérleg módosulásával a trend a jövőben akár meg is fordulhat. Ezzel szemben, Kotroczó és mtsai azt találták, hogy a 20. században, országos szinten észlelt átlagos 0,68°C-os felmelegedés és az éves csapadékmennyiség 83 mm-re való csökkenése a kocsánytalan tölgy állományainak 68%-át tette tönkre¹¹. Az előrejelzések a hazai erdőségek erőteljes visszaszorulását vetítik előre a 21. század második felére, ami a bükkösök, gyertyános-bükkösök esetében elérheti a -65%-os területi redukciót is akár, de az éghajlatváltozás még a viszonylag szárazságtűrő kocsányos tölgy állományainak egynegyedét is elpusztíthatja¹². Egy, a feketefenyő (*Pinus nigra*) jövőben várható éves növekedési ütemével foglalkozó tanulmány kimutatta, hogy a közelmúltban tapasztalt erdőpusztulások hátterében a már jelenleg is zajló klímaváltozás állhat. En-

nek okai abban keresendők, hogy a sekély, karbonátos talajokra telepített fenyőültetvényeket fokozottan érinti mind a túlélésük, mind a produkált faanyag-mennyiség oldaláról nézve a talajnedvesség elvesztése¹³. Egy másik tanulmány arra a következtetésre jutott, hogy az olyan őshonos karakterfajok, mint a virágos kőris (*Fraxinus ornus*) a klímaváltozás következtében fellépő szárazodás miatt növekedési hátrányba kerülhetnek az olyan agresszív özönfákkal szemben, mint amilyen a mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*)¹⁴. A hatás függ a talaj vastagságától is. Ezek a hatások az őshonos karsztbokorerdők és lejtőlábi xeroterm (szárazságtűrő) fás társulások leromlását és végső soron az erdőtársulások helyén megjelenő invazív növénytársulások, valamint a sztyeppesedés lehetőségét vetítik előre. Terepi kísérletek alapján lehetséges, hogy maguk a száraz sztyeppék is fajokban elszegényedhetnek a klímaváltozás hatására^{15,16}. Megváltozhat a telepíthető fás szárú növények köre is. A modellkísérletek szerint az olyan tipikus melegérzékeny, földközi-tengeri elterjedésű fás szárú fajok, mint az aleppófenyő (*Pinus halepensis*), a kalábriaifenyő (*Pinus brutia*), a magyaltölgy (*Quercus ilex*) vagy a vörös tűboróka, (*Juniperus oxycedrus*) a jövőben telepíthetők lesznek az ország déli, délnyugati területein¹⁷. Összességében elmondható, hogy a fahatár magasabb tengerszint feletti magasságokban való terjedésével az erdőssztyepp-öv kiterjedésének növekedése várható Magyarországon, ami az erdészeti lehetőségek komoly változását vonja maga után az ország központi fekvésű, síksági területein. Problémát okoz a természetes erdők jövőbeli lehetséges regenerálódásának szempontjából, hogy a telepített idegenhonos faültetvények körüli puffer zónák hiánya és a számos invazív fásszárú faj jelenléte miatt az őshonos vegetációk *újjaszerveződése* ma már erősen akadályozott lenne akkor is, ha a kedvező klímaviszonyok a távoli jövőben visszatérnének¹⁸.

Mezőgazdasági hatások

A Moesz-vonal jövőben várható elmozdulásának térinformatikai modellezése azt mutatja, hogy a szőlő- és gyümölcsstermesztés magassági határvonala egyre feljebb fog tolni a hegylábakon^{19, 20}. Ez a változás a borászat-gyümölcsstermesztés szempontjából esetleg jó hír lehet, de a természetvédelem és az erdészet szempontjából nem. A különböző zárvatermők virágzási idejének korábbra tolódása már évtizedek óta zajlik Magyarországon. Ennek értéke 1952 és 2000 között hat vizsgált faj alapján elérte az 1,9–4,4 nap/évtized eltolódást az évkezdettől felé²¹. Mindezen fejlemények

akár kedvezőknek is felfoghatóak lennének, azonban a gyakorlatban ez inkább azt jelenti, hogy a tavasz felmelegedése miatt a virágzási idő olyan korai időpontokra tolódik, ami a lassabban felmelegedő telek miatti fokozott fagyveszély akár a teljes évi gyümölcsstermesztését hozhatja magával. Ilyen eseményeket az elmúlt évtizedben többször is tapasztalhattunk (korai virágzás-késői fagy párosa pl. 2020). A fűfélék (Poaceae) esetén a klímaváltozás hatásai árnyaltabbak, mivel a fűfélék számos tagja (pl. a kukorica) C4 fotoszintézisük révén jól adaptálódott a száraz termőhelyi viszonyokhoz is. Gaál és mtsai szerint a 21. sz. közepére (2021–2050) a gabona terményátlagok akár még emelkedhetnek is valamelyest, ugyanakkor a század végére (2071–2100) egyértelmű visszaesést prognosztizálnak a jelenlegi terményátlagokhoz képest²². Három növény jövőbeli termés hozamát vizsgálva Fodor és Pásztor növényfüggő választ talált az éghajlatváltozással szemben²³. Az őszi búza esetén 2000 és 2100 viszonylatában különösen a Dunántúlon és Észak-Magyarországon egyértelműen növekvő termés hozamot prognosztizáltak. A kukorica esetében enyhe termés hozam-csökkenést vetítettek előre, elsősorban a Nagyalföldön. Ugyanakkor, előrejelzésük szerint a napraforgó hozamának súlyos csökkenése várható a 21. század végére, különösen a Kisalföldön, a Nagyalföldön és a Dunántúli-dombság északi és középső területein. Gaál és mtsai a cseresznye gyümölcs hozamát vizsgálva azt találták, hogy a hozam Közép-Magyarországon a 21. században várhatóan emelkedni fog, ugyanakkor a 2021-2050-es években a gyümölcsrepedés okozta károk enyhe emelkedése valószínűsíthető, ami ronthatja a termés üzemi célú felhasználását²⁴.

Talajdegradáció, erdőtüzek

Somogyi szerint a bükkösök pusztulásával a talajfeletti, biomasza-eredetű, teljes szénmennyiség 80%-a veszhet el 2100-ra a Magyar Középhegység magasabb régióiban²⁵. A Dunántúli-középhegység nagy részén a talaj karsztosodó, a földtörténeti középkorban képződött karbonát-közetek felszínén jött létre. Az esetenként (pl. Veszprém és Várpalota között) meglehetősen vékony (váz)talajok karsztos és paleokarsztos formákban alakultak ki a földtörténeti újkorban²⁶, sok esetben a jégkorszaki lösz lerakódása és a helyi anyagú kőtörmelék és málladék keveredése révén. A karsztos felszíneken így létrejött talajok a klímaváltozással szemben kimondottan sérülékenyek és a mezőgazdasági művelés alatt álló fedett karsztos területeken a talajerózió okozta részleges vagy teljes, progresszív denudáció (a

talajtakaró elvesztése) egyértelműen kimutatható már jelenleg is²⁷. A talaj eltűnését elősegítheti a jövőben a fás szárú vegetáció elvesztése, beleértve az amúgy természetvédelmi szempontból nemkívánatos egzotikus faültvények (pl. feketefenyvesek) pusztulása is¹³. A szárazodási folyamatok különösen érzékenyen érinthetik a Duna-Tisza közének homokhátsági talajait és a rajtuk tenyésző erdőket. Az elmúlt évtizedek gyors talajvízszint-csökkenése miatt már 1992–2001-ben a homokhátság erdeinek 56%-a esett a fokozottan sérülékeny kategóriába²⁸. Elsősorban a homokhátság északi területeinek magasabban fekvő homokháta, valamint a homoki vegetáció és a nedves élőhelyek vegetációjának határzónái veszélyeztetettek az éghajlatváltozás szempontjából. Mindez jelentős természetvédelmi, konzervációs problémákat okozhat a Kiskunsági Nemzeti Park számára a jövőben²⁹. A jelenleg zajló folyamatok veszélyét az jelenti, hogy a rossz vízmegtartó képességű homoktalajok feletti fás vegetáció eltűnése után megszűnik a talajszemcsék kohéziója és ismételten futóhomok alakulhat ki. Ilyen körülmények között a homoktalaj felső rétegének humusztartalma gyorsan erodálódhat, mezőgazdasági és erdőgazdasági szempontból hasznavetetlené téve a területet. Problémát jelenthet a száraz területek esetében az erdőtüzek növekvő rizikója is. A Kiskunsági Nemzeti Park területén fekvő bugaci nyáras-borókás ősvetáció 2012-es tűz általi részleges pusztulása felvetette annak lehetőségét, hogy olyan folyamattal állunk szemben, ami a Földközi-tenger vidékén már évtizedek óta problémát okoz^{30,31}. Bár a hazai erdők nagy része nem tűlevelű fákból áll, az ültetett fenyvesek fokozódó mértékben válhatnak tűzveszélyessé a klímaváltozás következtében.

Növényi inváziók és kártevők

A klímaváltozás és az interkontinentális kereskedelem felgyorsította az inváziós növényfajok terjedését³². Ugyanez történt az olyan növénykártevőkkel is, mint pl. a puszpángmoly (*Cydalima perspectalis*)³³ és általában a növényi kártevők terjedését elősegíti az éghajlatváltozás³⁴. Clements és Ditommaso szerint számos, jövőben invazívá váló növényfaj jelenleg abban az alkalmazkodási fázisban van, ami elősegíti azt, hogy a klímaváltozás által generált jövőbeli körülmények között exponenciális terjedési pályát fusson be majd³⁵. Számos tanulmány jutott arra a következtetésre, hogy az éghajlatváltozás elősegíti az invazív gyomok és gyomfák terjedését³⁶. Quammen szó szerint úgy fogalmazott, hogy „a gyomok öröklék meg a Földet”, ha a

jelenlegi, kibomlóban lévő ökológiai katasztrófa folytatódik³⁷. Ennek oka egyrészt a gyomok r-stratégiájában (rövid élettartam, sok utód, az ivarérettség gyors elérése) keresendő, másrészt számos növény azért képes terjedni a klímaváltozás következtében, mert termofil (hőkedvelő) és xerofil (szárazságtűrő)³⁸. Az éghajlatváltozás által kiváltott terjedése a gyomoknak jelentősen megnehezítheti a jövőben a mezőgazdasági termelést³⁹. Ezen kívül a klímaváltozás elősegíti a gyomok vegyszer-rezisztenciájának kialakulását is⁴⁰. Tény, hogy a gyomok általában jobban alkalmazkodnak a légköri szén-dioxid szint emelkedéséhez, a talajnedvesség csökkenéséhez és a felmelegedéshez, mint a kultúrnövények⁴¹. Az éghajlatváltozás a kertekből kiszabaduló dísznövények gyomnövényé válását is elősegíti, ahogy ez történik jelenleg is a világ több pontján a nálunk is kedvelt, termofil nyáriorgonával (*Buddleja davidii*)⁴². Nem nehéz belátni, miért kedvezhet a termofil rovarkártevőknek a klímaváltozás. Az egzotikus rovarfajok általában száraz, szubtrópusi területekről származnak, így rendelkeznek azokkal az előalkalmazkodásokkal, amik sikeressé tehetik őket a megváltozott viszonyok között is új hazájukban, mint amilyen pl. a hőtolerancia, az alacsony-páratartalommal szembeni rezisztencia vagy a xeroterm növények által termelt növényi repellensek és toxinok (alkaloidok, olajok, stb.) elleni öröklött védetségük⁴³.

Mikotoxinok hatása a az élelmiszerbiztonságra

Az éghajlatváltozás közvetlenül és jelentősen kihat a mezőgazdasági termelésre, az élelmiszerbiztonságra és a közegészségügyre is. Magyarországon is termesztett gazdasági növények közül a gabonafélék (különösen a kukorica és a búza), a fűszerpaprika, egyes gyümölcsök (alma, szőlő) és feldolgozási termékeik, valamint a takarmányok alapvető fontosságúak a penészgombák által jelentett mikológiai veszély szempontjából is^{44,45}.

Fontos kihívást jelent a klímaváltozás, mivel a penészgombák szaporodása és toxintermelése döntően függ a környezeti hőmérséklettől és a csapadék mennyiségétől, nagyon valószínűsíthető a mikotoxin profil megváltozása.

A mikotoxinok a penészgombák másodlagos anyagcsere termékei; termelődésük feltétele a penészgombák elszaporodása a növényeken, majd adott környezeti körülmények hatására a gomba másodlagos anyagcsereére tér át és toxikus hatású vegyületet termel. A több ezer termelt mérgező anyag közül

komoly állat- vagy humánegészségügyi kockázatot csak mintegy 20 mikotoxin jelent. A legnagyobb kockázatot a gabonamagvak, azokon belül is a kukorica és a búza számára jelentik. Ezek kifejezetten érzékenyek *Fusarium* fajokra, amelyek már a szántóföldön fertőzik a növényt, és a betakarítás után, nem megfelelő tárolási körülmények között is képesek tovább szaporodni és toxint termelni. Veszélyességüket fokozza az a tény, hogy ezekből a termékekből sokat fogyasztunk.

Régióink éghajlatának „mediterránizálódása” következtében egyre inkább előtérbe kerülhetnek hazánkban is a melegkedvelő *Aspergillus* fajok, míg a most mérsékelt égővi *Penicilliumok* északabbra húzódnak. Ezzel a jelenséggel az utóbbi években már a hazánkkal délről szomszédos országokban szembe is kerültek. Ezért is figyelemre méltóak Dobolyi Csaba és szerzőtársainak eredményei az aflatoxin-termelő *Aspergillus flavus* törzsek gyakori előfordulásáról hazai kukorica szemtermésén⁴⁶, míg korábbi vizsgálatok nem mutattak ki aflatoxin-termelő *A. flavus* izolátumokat hazánkban⁴⁷. A probléma jelentőségét jelzi, hogy Borbély Mária és munkatársai EU-határérték feletti aflatoxin-szennyeződést mutattak ki a vizsgált, takarmánynak szánt hazai gabonaminták 3,6%-ában⁴⁸. Emellett hazánkban már a 2010-es évek elején leírtak ochratoxinokat és fumonizineket termelő melegkedvelő fekete *Aspergillus* fajokat szőlőn és hagymán⁴⁹.

A *Fusarium* toxinok közül a fumonizinek és az őket termelő *F. verticillioides* gyakoribb előfordulására is számítani lehet a száraz időt követő esőzések hatására. A sorozatos meleg nyarak következtében Európában a korábban domináns *F. culmorum* előfordulása csökkent és a *F. graminearum* vált dominánssá. Valószínűsíthető az is, hogy a jelenleg humánegészségügyi szempontból kevésbé ismert vagy veszélyesnek tartott mikotoxinok (pl. moniliformin) nagyobb jelentőséget kapnak⁵⁰.

Mindezek humánegészségügyi veszélyét pontosan megbecsülni szinte lehetetlen, hiszen a kockázat jellege és mértéke függ a szervezetet érő egyéb károsító hatásoktól, amelyeket szintén érint a klímaváltozás. Az aflatoxin-szennyezettség előrejelzett fokozódása⁵¹ megnöveli a májrák előfordulásának veszélyét – nemcsak a szennyezett élelmiszer fogyasztása, hanem a szennyezett tételekkel foglalkozók esetében is (inhaliációs toxikózis). A toxin immunszuppresszív hatásánál fogva megváltoztathatja a fertőző betegségek előfordulásának gyakoriságát, súlyosságát, kimenetelét is.

Emberi és állati fertőzésekre gyakorolt hatások

Tekintve, hogy számos humán fertőzés egyben állati fertőzés (zoonózis) is (pl. leishmaniózis, nyugat-nílusi láz), valamint az éghajlatváltozás kulcstényezői állati vektorok (pl. szúnyogok, lepkeszúnyogok, kullancsok), indokolt didaktikus okokból együtt tárgyalni a humán- és állati betegségeket az ismétlések elkerülése végett, nem megfelelően a két tárgy specifikumjairól, ahol az fontos a jelen tanulmány szempontjából. A klímaváltozás okozta negatív környezeti hatások egyik legfontosabb szegmensét jelenti a fertőzések, toxinok okozta megbetegedések várható növekvő esetszáma, valamint a Magyarországon jelenleg még nem ismert új humán és állati betegségek megjelenése. Alapvetően meg kell különböztetni ezzel kapcsolatban a szennyezett élelmiszerek és a fertőzött víz, valamint a különböző élő átvivő szervezetek (vektorok) által terjesztett betegségek, megbetegedések körét. Az élelmiszerek, valamint a vektorok által okozott megbetegedések kialakulásában elsősorú szerepe van a környezeti hőmérsékletnek, az extrém időjárási események hatása inkább másodlagosnak tekinthető. A fertőzött víz által terjedő megbetegedések esetében is fontos szerepe lehet a magasabb hőmérsékleti körülményeknek, azonban az extrém időjárási események (felhőszakadások, árvizek) hatása is elsődleges szereppel bír ezen betegségek tömeges előfordulásának kiváltásában.

Élelmiszerek és a szennyezett víz által okozott fertőzések

Magyarországon az extrém időjárási események gyakoriságának növekedése észlelhető volt már az elmúlt évtizedekben is⁵². Az éghajlatváltozás által generált extrém felhőszakadások és az emelkedő átlaghőmérséklet pozitív hatással lehetnek a bélfertőzések esetszámára, részben a következményes áradások révén súlyosan veszélyeztetve az ivóvízbázisokat, másrészt, az emelkedő átlaghőmérséklet révén a bakteriális patogének populáció-robbanását idézve elő⁵³. Magyarországon kimutatták az átlaghőmérséklet, valamint egyes bélfertőzés-incidenciák közötti összefüggést. Trájer és Schoffhauzer eredményei szerint a kampilobakteriózis-incidencia gyenge ($r^2 = 0,39$), a szalmonellózis-incidencia viszont erős ($r^2 = 0,71$) összefüggést mutat a nyolc héttel korábbi heti átlaghőmérséklet-értékekkel Magyarországon⁵⁴. Lehetséges, hogy a legyeknek, mint terjesztőknek a szezonális aktivitása is szerepet játszik ezen betegségek terjesztésében (lásd

később: passzív vektor fogalma), de közös ezen faktorokban, hogy a hőmérséklet erős, bár időben eltolt hatást gyakorol ezen bélfertőzések esetszámának alakulására⁵⁵.

Az extrém időjárási jelenségek, így a hirtelen levonuló zagyarak, viharok okozta áradások súlyosan veszélyeztethetik a karsztvízre épülő ivóvízellátást a jövőben. Erre Magyarországon a Miskolc-tapolcai vízművek vizének vizsgálata szolgáltatott kiváló példát 2006-ban, amikor is a felhőszakadások következtében a patogén enterális (bélfertőzést okozó) baktériumok csíraszama jelentős kiugrást mutatott, jelezvén a karsztvíztározók sérülékenységét a külső behatásokkal (pl. illegálisan lerakott szemét) szemben⁵⁶. Mindez számunkra és térségünk szempontjából is jelentős probléma. Az egész tágabb értelemben vett földközi-tengeri térségben (beleértve a Kárpát-medencét is, mint az alpi hegységrendszer egy tipikus ívmögötti medencéjét) a hegységek fő alkotói földtörténeti középkorban képződött karbonátos kőzetek. Ezek a víztartó, porózus kőzetek már az ókorban is az ivóvíz és az öntözővíz fő forrásai voltak, amire a Római Birodalomban mindenhol foglalt víznyerő kutak, vízvezeték-rendszerek épültek. Ilyen építmény például a budai hegyekből a római városba vizet szállító aquincumi aquaeductus⁵⁷. A karsztvíz a Dunántúl vízellátásában ma is fontos szerepet játszik, mint megújuló, tiszta vízforrás. Ezeket a vízforrásokat számos veszély fenyegeti, mint például a közúti, ipari, mezőgazdasági szennyezés, bányászat és a talajerózió. A veszprémi Meggyespuszta-paleodolina, mint jelentős kiterjedésű, részben fedett karsztképződmény vizsgálata kimutatta, hogy a természetes és mezőgazdasági eredetű szennyeződések a csapadékvizek leöblítő hatása és a gravitációs bemosódás révén közvetlenül a karsztmélyedésbe jutnak²⁷. Ilyen gravitációsan a karsztmélyedés centrumába mozgó anyagok például a huminanyagok, a különféle (pl. nitrát, szulfát) sók, de ugyancsak bekerülhetnek a karsztvíztározókba coliform, bélfertőzések okozó baktériumok is. Az extrém időjárási események miatt felgyorsuló bemosódás, valamint a magasabb átlaghőmérséklet miatt felgyorsuló karsztosodási folyamatok, valamint a leszivárgó vizek savasodása miatt a klímaváltozás-indukálta hatások a karsztvíztározókra nézve egyértelműen negatívak lehetnek^{58,59} és fokozhatják azok biológiai kontaminációkkal szembeni érzékenységét.

Részben más problémákkal kell szembesülnünk a felszíni vizek esetében. A felmelegedő vizek mikrobiális közösségei, valamint ezen közösségek tagjainak anyagcsere-aktivitása jelentősen megnőhet a felme-

legedés következtében, ami pl. egyes, toxikus algafajok elszaporodásával járhat együtt. Erre utalnak azok a modellszámítások, amiket egyes vízminőség-indikátor *Nitzschia* kovaalga-fajokkal kapcsolatban végeztek. Ezen fajok a Víz Keretirányelvben is helyet kaptak. Lengyel és mtsai⁶⁰ kimutatták, hogy ezen algafajok fotoszintetikus aktivitása igen érzékenyen reagálhat a vizek felmelegedésére, ami algavirágzások fellépésének fokozott veszélyére figyelmeztet a jövőben. Egy Fertő-tavon és Balatonon végzett tanulmány⁶¹ arra jutott, hogy a felmelegedés a toxikus kéalgák algavirágzásának a gyakoriságát növelheti a jövőben, ami ivóvízellátási problémákat is okozhat, de akár a fürdőzőkre nézve is veszélyt jelelhet.

Vektorok által terjesztett fertőzések

A klímaváltozás következtében várható víz- és állati hordozók által közvetített fertőzések megjelenésének valószínűségét és a népegészségügyi jelentőséget Európában az 1. táblázat foglalja össze Lindgren és mtsai értékelése szerint⁶².

A vektorok által terjesztett fertőzések (vektoriális zoonózisok) esetén alapvető különbség van a passzív és az aktív átvitelrel terjedő fertőzések között. A passzív terjedés azt jelenti, hogy a vektor testfelületén szállítja a fertőző ágenszt és a kórokozó nem igényli egyedfejlődéséhez a vektor szervezetet. Típusesete ennek a jelenségnek, amikor a legyek testfelszínéről kerül bélfertőzést okozó kórokozó baktérium az élelmiszerre. A *Clogmia albipunctata* egy emberi környezetet kedvelő, páraigényes, melegkedvelő lepkeszúnyog-féle (Diptera: Psychodidae) rovar, ami az épületek vizes helyiségeiben gyakran közönséges. Lárvai lefolyókban, szifonok szennyezett vizében, zuhanytálcák melletti nedves falszegélyekben, repedésekben fejlődnek. Külföldi vizsgálatok igazolták a faj jelentős passzív betegségterjesztő szerepét kórházi környezetben, mivel a biológiailag veszélyes anyagok és például a lélegeztetőgépek szabad alkatrészei között ingázva, a testfelületükön található sűrű szőrszerű képleteken baktériumokat és más kórokozókat szállítanak^{63,64}. Trájer és Juhász⁶⁵ kimutatták, hogy a magyarországi kórházakban is jelen van a faj és számos olyan mesterséges élőhelyet azonosítottak, ahol egészségügyi intézményekben a faj szaporodhat. Mivel egyedfejlődésük a hőmérséklet pozitív függvénye az emberi környezetben tolerálható hőmérsékleti skálán, ezért a felmelegedés okozta növekvő beltéri hőmérséklet szaporodásukat jelentősen előmozdíthatja. Sőt, észlelték már Szlovákiában a faj kültéri szaporodását is fák vizes od-

vában, kültéri körülmények között, ami korábban nem volt a Kárpát-medencében jellemző erre a fajra⁶⁶. Ezek a tények felhívják arra is a figyelmet, hogy a kórházi infekciókontrollt is érintheti a klímaváltozás a passzív vektorok oldaláról.

Az aktív vektorális terjesztés esetén a kórokozó bejut a vektor bélcsatornájába és a vektor, valamint a kórokozó között kialakult evolúciós kapcsolat miatt a kórokozó számára elengedhetetlen a vektor szervezet, mint egyedfejlődési közeg és/vagy átvívő. Klasszikus példák a vektorok terjesztette megbetegedésekre a malária, a Lyme betegség vagy a sárgaláz. Maguk a terjesztők általában ízeltlábúak. A Magyarországon előforduló, vektorok által terjesztett humán megbetegedések esetén a terjesztő vagy pókszabású (kullancs) vagy rovar (általában szúnyog vagy bolha, tetű stb.). A változó hőmérsékletű és nagy testfelület/testtérfogat aránnyal jellemezhető ízeltlábúak egyedfejlődésének minden mozzanata erősen függ a környezeti hőmérséklettől. A szúnyogok esetében ez azt jelenti, hogy a lárvának a petéből történő kikelése, az egyes lárvastádiumok között eltelt idő, a bebábozódás időtartama és a kifejlett egyedek szaporodási és táplálékszerzési ak-

tivitása mind elsődlegesen a környezeti hőmérséklet függvénye. Ezért, a klímaváltozás okozta átlaghőmérséklet-emelkedés és a vegetációs időszak hosszának növekedése gyakorlatilag minden, humán szempontból fontos vektorra pozitív hatást gyakorol⁶⁷. Mindezen hatások az ízeltlábú vektorok éves generációs számának, valamint egyedszámának növekedése révén megteremtik az emberi fertőzések növekvő számának alapját, megváltoztatva a vektorok populációdinamikáját és a fertőzések előfordulását⁶⁸. Azonban, az egyes vektor csoportok között már egyedi eltérések tapasztalhatóak abban a tekintetben, hogy az élő és élettelen tényezők mely típusaira érzékenyek leginkább és ezekre várhatóan a klímaváltozás milyen módon hat majd. A kullancs vektoroknak évi egy generációja van, ugyanakkor egy időben három egyedfejlődési stádium is jelen lehet. Esetükben a vegetációs szezonhossz meghosszabbodása tágítja éves aktivitási periódusuk időtartamát, ugyanakkor kétséges, hogy ez a változás egyben a kullancsok által terjesztett megbetegedések növekedését is fogja-e okozni a jövőben Magyarországon, ahogy erre egy Lyme borreliosisal kapcsolatos tanulmány figyelmeztet⁶⁹.

A klímaváltozással való összefüggés erőssége	Magas			Vibrio spp (kivéve V. cholerae 01 és 0139), viscerális leishmaniasis	Lyme borreliosis	
					Dengue láz Kullancs encephalitis	
	Közepes	Krimi-kongói haemorrhagiás láz	Tularaemia	Campylobacteriosis	Rift völgyi láz	
		Hepatitis A	Sárgaláz	Chikungunya láz	Salmonellosis	
		Leptospirosis	Yersiniosis	Cryptosporidiosis	Shigellosis	
				Giardiasis	VTEC	
	Alacsony			Hantavirus	Nyugat-Nilusi láz	
		Anthrax	Q láz	Cholera (O1, O139)		
		Botulismus	Tetanus	Legionellosis		
		Listeriosis	Toxoplasmosis	Meningococcus fertőzés		
	Malaria					
		Alacsony	Közepes	Magas		
A társadalmi következmény súlyossága						

1. ábra: Klímaváltozás és fertőző betegségek⁶²

Szúnyogok által terjesztett megbetegedések és szúnyog vektorok

Szokás a klímaváltozás várható hatásainak vizsgálatát faj szinten modellezni, azonban egy másik megközelítés is lehetséges. Magasabb földrajzi szint felől szemlélődve megállapítható, hogy az európai szúnyog fajok három természetes és egy átmeneti biom-szintű faunát alkotnak⁷⁰. Dél-Európa jellegzetes faunája az ún. Mediterrán fauna, ami az Ibériai-félszigettől, a Côte d'Azur sávján át az Appennin-félszigeten át a Balkán-félsziget délkeleti partvidékén keresztül a Balkán-félsziget déli, délkeleti országaiig követhető jelenleg. Az ún. mérsékelt-övi fauna Közép-Európa és az Észak-Balkán országainak nagy részét foglalja magába; a boreális fauna pedig a Balti-tengerrel határos országokat (Németország kontinentális területei nélkül). Létezik egy átmeneti fauna is, ami a szigetekre jellemző, valamint a mediterrán és mérsékelt övi területek között fordul elő⁷⁰. Az egyes faunák szúnyog taxon-összetétele eltérő, s ugyancsak jellegzetes az átvitt fertőzések összetétele is. Ameddig a mediterrán faunák elsősorban humán szempontból magas patogénterjesztő potenciállal bíró *Aedes*, *Anopheles* és *Culex* fajokból állnak, addig különösen a boreális faunában túlsúlyban vannak az inkább állati fertőzéseket átvívó *Ochlerotatus* fajok. Mivel a klímaváltozás egyik legfontosabb ökológiai hatásaként a biomok északi irányú eltolódása⁷¹ és az erdős területek kiterjedésének csökkenése nevezhető meg^{72,73}, feltehető, hogy a jelenlegi mérsékelt övi, elsősorban vegyes lombdő-erdőssztyepp klímát kedvelő, kárpát-medencei biom-szintű szúnyog fauna összetétele is a mediterrán szúnyog fauna irányába fog eltolódni, amely nagyobb számú potens, humán vektor szúnyog fajjal jellemezhető⁷⁰. Egyes fás szárú mediterrán növény taxonok és lepkeszúnyogfajok együttes modellezése is azt mutatja, hogy a vegetáció és a vektor rovarok elterjedése között szoros kapcsolat áll fenn¹⁷.

Dirofilariózis

A fonálféreg okozta dirofilariózisok fő gazdaállatai főként ragadozó emlősök, terjesztőik szúnyogok⁷⁴. Növekvő állategészségügyi kockázatot jelent Magyarországon a kutyák körében a *Dirofilaria immitis* okozta szívférgesség⁷⁵, ugyanakkor nem elhanyagolható problémát jelent az emberben is szaporodni képes *Dirofilaria repens*, a szem- és bőrférgesség okozója sem^{76,77,78}. Nem is olyan régen, még nem fordultak elő autochton, azaz hazai megfertőződéssel megvalósuló szívférgesség esetek Magyarországon. Az első ismert

esetet 2007-ben észlelték Jász-Nagykun-Szolnok megyében⁷⁹. A szívférgességet megtalálták vadon élő ragadozóknak, így rókákban és aranysakálókban is⁷⁵. A két kórokozó terjesztéséért felelős szúnyogok igazoltan olyan fajok, amelyek nagy számban élnek a Kárpát-medencében (pl. egyes *Aedes*, *Culex* és *Ochlerotatus* fajok⁸⁰, így a terjesztés lehetősége a vegetációs időszakban folyamatosan fennáll. Az első ismert szegedi kutya-szívférgesség eset helyén például *Aedes vexans*, *Anopheles maculipennis*, *Culex pipiens* s.l. és *Ochlerotatus dorsalis* szúnyogok kerültek befogásra⁸¹, melyek közül az első három szúnyog faj ismert terjesztője a *Dirofilaria* fajoknak. Az olyan vízparti városokban, mint Szeged, a vizes élőhelyek előfordulása és a településszerkezet együttesen határozzák meg a két, fentebb említett megbetegedés megjelenési mintázatát⁸². Ez intő jel kellene legyen arra, hogy a várostervezési, városrendezési prioritások sorában a jövőben kiemelten szükséges kezelni a fertőző betegségek megjelenésének lehetőségét.

Malária

A malária, bár sokak szemében egzotikus betegségnek tűnhet, valójában a 20. század közepéig endémiás, azaz „bennszülött” betegség volt Magyarországon⁸³. Sőt, nem zárható ki, hogy néhány ezer éven keresztül többé-kevésbé folyamatosan is jelen lehetett a Kárpát-medencében⁸⁴. Az 1920-as években Magyarországon még 6-8000 új esetet regisztráltak⁸⁵. Valójában nem lehet egységes betegségről beszélni, hanem helyesebb lenne betegségcsoportnak hívni a maláriát, mivel több *Plasmodium* faj is képes humán megbetegedést okozni. A humán malária-betegségcsoport által okozott fertőzések jellegzetes periodicitást mutató lázas állapotokkal, a kiserek és ezáltal gyakorlatilag minden szerv érintettségével, idegrendszeri és egyéb tünetekkel járnak, melyek lefolyása és súlyossága kórokozókként eltérő. A történelmi időkben Magyarországon nem az Afrikában emberéletek millióit kioltó *Plasmodium falciparum*, hanem valószínűleg a *Plasmodium malariae*, *Plasmodium ovale* és *Plasmodium vivax* lehettek a malária-kórokozók. A *Plasmodium* fajok egyedfejlődése ugyan rendkívül összetett, mégis, alapvetően felbontható egy emberben és egy, a maláriaszúnyogban zajló fázisra. Mivel a maláriaszúnyogban zajló fázis egy olyan környezetben megy végbe, ami maga is a környezeti hőmérséklet alakulásától függ, szemben a közel állandó hőmérsékletű emberi környezettel, a malária kórokozóinak egyedfejlődése, átvitele az egyik fertőzött személyből a másikba szin-

tén hőmérséklet-függő. A meteorológiai tényezőknek a betegesszám alakulására kifejtett hatását Lőrincz már 1937-ben észrevette⁸⁶.

Nemcsak az emberek betegsége a malária. Állatok esetében pl. a madár-malária okoz fertőzéseket, melyek közül például a *Plasmodium relictum* parazitát az igen közönséges *Culex pipiens* szúnyog képes terjeszteni térségünkben (Magyarországon és Szerbiában igazoltan;⁸⁷). Garamszegi szerint a klímaváltozás a madarak madármaláriával történő megfertőzésének esélyét növelni fogja a jövőben⁸⁸.

A kompetens vektor maláriaszúnyogok egyedszáma és szezonális megváltozása meghatározó a betegség fennmaradása szempontjából egy adott területen. A malária jelenléte szempontjából kritikus tényező, hogy a jelenlegi ismereteink szerint az emberi maláriának a mérsékelt övben nincsen nem emberi rezervoárja, azaz olyan élő szervezet, amiben a téli félévben is fennmaradhatna a kórokozó. Ezért, a magyarországi malária eradikációjában szerepet játszott a maláriás betegek nyomonkövetése és ismételt kezelése még a vegetációs szezont megelőzően, elkerülve az újabb fertőzések kialakulását a következő évben⁸³. Jelenleg nincs helyben kialakult emberi malária fertőzés Magyarországon, de vannak behurcolt esetek. Vektorokból pedig nincs hiány, mivel elvileg legalább négy maláriaszúnyog is szóba jön Magyarországon maláriavektorként (*Anopheles algeriensis*, *Anopheles atroparvus*, *Anopheles maculipennis sensu stricto* és az *Anopheles messeae*), bár egy hazai vizsgálat szerint ezen fajok magyarországi populációinak emberspecifikus csípési rátája igen alacsony⁸⁹. Mivel a maláriaszúnyogokra mindazon általános, klímaváltozással összefüggő hatások érvényesek, ami más szúnyog fajokra is igaz, vagyis az átlaghőmérséklet növekedése és a vegetációs szezon hosszabbodása körükben növeli az éves generációk számát és az egyedszámot, ezért feltételezhető, hogy a felmelegedés egyben a malária kockázatának emelkedését is maga után vonja. Egy tanulmány szerint a 2041–2070-es időszakra az *Anopheles maculipennis* aktivitási szezonhossza akár 1-2 hónappal is nőhet a Kárpát-medencében és az Észak-Balkánon⁹⁰. További fontos információ lehet a számunkra, hogy a történeti malária esetek vizsgálata nyomán kiderült, hogy a malária szezonális megváltozása Magyarországon hűen követte a hőmérséklet éves menetének alakulását⁹¹, ami a mérsékelt övi malária erős hőmérséklet-függésére utal. Jelenleg a *Plasmodium vivax* okozta malária hozzánk legközelebb Görögországban endémiás. Azon túlmenően, hogy a jövőben ebben az országban a maláriaszezon meghosszabbodása

várható, az is valószínű, hogy Görögországból kiindulva a Balkán más területeire, így a déli szomszédjaink irányába is terjedni fog ez a malária típus⁹². Az is ismert, hogy egyes maláriaszúnyog-fajok előszeretettel népesítik be a bolygatott vizes élőhelyeket. Valószínű, hogy a Duna-szabályozások, legutóbb a bősi vízlépcső (Gabčíkovo vízlépcső) megépítése növelhette például az *Anopheles algeriensis* élőhelyeinek kiterjedését a Duna magyarországi felső szakaszán⁹³. Mindez azért fontos felismerés, mivel a klímaváltozás negatív hidrológiai hatásainak ellentételezéseként ismételt felmerül víztározók építésének igénye, ami azonban az egyéb negatív környezeti hatásokon kívül a malária és más szúnyogok által terjesztett betegségek esélyét is növelheti. Nem véletlen, hogy Csete és mtsai a maláriát egy lehetséges jövőbeli rizikófaktornak tekintik a turizmus szempontjából Magyarországon⁹⁴. Összefoglalva az eddig előadottakat, a mérsékelt övi malária újbóli megjelenése a klímaváltozás következtében lehetségesnek tűnik a közeljövőben.

Nyugat-nílusi láz

A nyugat-nílusi láz az egyik olyan szúnyogok által terjesztett zoonózis, mely esetében konszenzus alakult ki, hogy a klímaváltozás hatására prevalenciája és elterjedési területe növekedni fog az éghajlatváltozás következtében az északi féltekén^{53,95,96}. A nyugat-nílusi láz egy szúnyogok által terjesztett, arbovírus (ízeltlábúakban szaporodó vírus) okozta fertőzés, amelynek gazdaállatai elsődlegesen madarak. A madarak körében is okoz agyvelőgyulladást és elhullást⁹⁷, de nagyobb testű emlősökre, lovakra is veszélyes lehet⁹⁸. A 2008-as és 2009-es években egy idegrendszeri fertőzést okozó (neuroinvasív) vírustípus terjedését észlelték Közép-Európában⁹⁹. Emberben általában (~79%) tünetmentesen vagy nagyon enyhe tünetekkel (aspecifikus) zajlanak le a fertőzések, de ~20%-ban influenzaszerű tüneteket, ~1%-ban pedig akár halállal végződő megbetegedésként idegrendszeri tüneteket is okozhat. Az ember vakvágány a kórokozó számára, ugyanis általában sem emberről-emberre, sem emberről-állatra nem terjed a betegség, bár vérátömlesztéssel és szervátültetéssel átvihető, illetve anyáról a gyermekre történő átvitel is lehetséges ritkán¹⁰⁰. Feltehetően vándormadarak szárnyán jutott el Közép-Európába a 20. század derekán, de közegészségügyi jelentőségre csak a 2000-es évek második felében tett szert Magyarországon. Megfigyelhető, hogy az esetek többsége a folyó völgyekre esik¹⁰¹. A szezonális jellegzetes későnyári-őszi eloszlási maximumot mutat, ami annak következménye

lehet, hogy a humán fertőzések megjelenése előtt a fertőzött szúnyogpopulációknak el kell érnie egy bizonyos nagyságot, azaz a vírusnak fel kell szaporodni populációs szinten a vektorokban. Ez éles ellentétben áll az egykori malária-szezonalitással Magyarországon, ami hűen tükrözte a hőmérséklet éves menetét a 20. század elején⁹¹. Ez arra utal, hogy egykor a malária kórokozója már eleve jelen volt a fertőzött szúnyogokban a szezon elején, ugyanis télen fertőződhetnek az épületekben telelő maláriaszúnyogok a mérsékelt övben¹⁰².

A 2004-2011-es időszakban a nyugat-nílusi láz esetek (49 fő) közel 85%-a jelentkezett olyan hetekben, amikor az átlaghőmérséklet meghaladta a 16°C-ot és 10°C-os átlaghőmérsékletű héten nem fordult elő hazai átvitelű eset, ami mutatja a betegség erős hőmérséklet-függését¹⁰¹. A nyugat-nílusi láz elsősorban Európa déli, délkeleti területein fordul elő, ahol a nyarak melegek és szárazok. A 2010-es európai hőhullám idején megfigyelték, hogy a nyugat-nílusi láz okozta esetszámok (262) kontinens-szerte kiugró értékeket mutattak¹⁰³. 2001-2005 során Paz hasonló észleléseket tett Izraelben, mely ország a vonuló vándormadarak egyik fő pihenő-és táplálkozóhelye Afrika és Nyugat-Eurázia között¹⁰⁴. Hat ország havi esetszámainak összevetése során kiderült, hogy amíg a mediterrán országokban a nyugat-nílusi láz szezonális függ a csapadékmennyiségtől, ilyen összefüggés a jelenlegi mérsékelt övi országokban – köztük Magyarországon is - nem tapasztalható¹⁰⁵. A magyarázat abban keresendő, hogy a száraz nyarú mediterrán területeken abszolút kisvízes élőhely-hiány lép fel a nagyon alacsony nyári csapadékmennyiség és a forróság következtében, ami korlátozhatja a szúnyogpopulációk növekedését és így a vírus átadásának lehetőségét is. A mérsékelt övi területeken általában ilyen limitáció nem lép fel. Kérdéses, hogy a jövőben várható csökkenő nyári csapadékmennyiség és a növekvő havi átlaghőmérsékletek miként hathatnak a kisvízes élőhelyekre, köztük az ember által létrehozott kisvizekben, az ún. technotelmákban. Egy modelltanulmány arra jutott, hogy árnyékos/félárnyékos környezetben feltehetően nem várható a jelenlegi élőhely-stabilitási viszonyok megváltozása a kisvizek lehetséges idő előtti elpárolgása következtében¹⁰⁶. A nyugat-nílusi láz-szezon Magyarországon is látott eltolódását a második félfévre minden országban észlelni lehetett a 2011-2015-ös időszakban, azonban a mediterrán országokban a szezon körülbelül egy-két hónappal korábban kezdődött, mint a mérsékelt öviekben. A betegség előfordulásának növekedése várható a 21. század során a Kárpát-medencében,

mind a kontinentalitás fokozódása, mind a melegedés következtében¹⁰¹. Csak 2018-ban Európában 2083 emberi fertőzést regisztráltak, amiből Magyarországon 215 esetet észleltek. A 2018-as európai esetszám jóval meghaladta az előző 7 év esetszámainak összegét (n=1832)! A lóállományokat érintő járványokból ugyanezen évben 285-öt regisztráltak és ebből 91 Magyarországon fordult elő.

Az ázsiai tigrisszúnyog és patogénjei

Az ázsiai tigrisszúnyog (*Aedes albopictus*) és a hozzá hasonló, invazív gyötrőszúnyog-fajok, mint például az *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Aedes atropalpus*, *Aedes japonicus* és az *Aedes koreicus* különböző arbovírusok és fonálférgék által okozott megbetegedések vektorai. Az *Aedes japonicus* fajt megfigyelték Magyarországon^{107,108}. Az *Aedes koreicus* populációi például már állandó és növekvő egyedszámú tagjai a Pécs környéki szúnyog-faunának¹⁰⁹. Az ázsiai tigrisszúnyogot kiemelni azért érdemes, mert ez az egzotikus, invazív faj egyrészt viszonylag jól alkalmazkodott Európa délibb területeinek a klimatikus adottságaihoz, másrészt, rendkívül széles vektor-spektruma miatt kitüntetett figyelmet érdemel. A teljesség igénye nélkül, ez a faj terjesztője lehet olyan arbovírusoknak, mint a Chikungunya-láz, Dengue-láz, a sárgaláz vagy a Zika-láz vírusa. A faj eredeti származási helye Kelet- és Délkelet-Ázsia, de ma már szélesesen elterjedt Észak-Amerika délkeleti és Európa déli területein is és elterjedési területe a 2000-es években folyamatos bővülést mutatott az egész északi féltekén¹¹⁰. Horvátország fővárosában, Zágrábban állandóan jelen van a faj^{111,112}. Az ázsiai tigrisszúnyog elterjedési területe a jövőben várhatóan növekedni fog Európában, beleértve Magyarországot délnyugati, déli területeinek meghódítását is^{101,112}. A faj terjedésének nem szab határt aktív terjedési képessége. A floridai és olaszországi invázió vizsgálata és összevetése során kiderült, hogy terjedését nem a faj nőtényeinek aktív repülő mozgása, hanem a passzív transzport határozza meg¹¹³, ami számos módon elképzelhető, ideértve a teherszállító gépkocsik csomagterét és a személygépkocsik utasterét (tengeri terjedés esetén a konténerek jelentik a fő terjesztő közeget)¹¹⁴. A faj terjedése generációként mintegy 3,6-5,3 km-nek bizonyult, ami azonban önmagában nem adja meg a tényleges évi lehetséges terjedési rátát, ugyanis ehhez ismernünk kell a terület havi átlaghőmérséklet-értékeit is. Trájer és mtsai¹¹⁵ kimutatták, hogy a klimatikus különbségek jóval nagyobb szerepet játszottak Olaszországban az ázsiai tigrisszúnyog terjedésének meghatározójaként,

mint Floridában, ahol a topográfiai viszonyok jóval egyöntetűbbek. A faj előfordulásának fő limitációját közép-európai körülmények között elsősorban a -1°C -os izoterma jelenti az Észak-Balkánon¹¹². A fentebb közöltek alapján azt a következtetést lehet levonni, hogy a jövőben a faj várhatóan kolonizálni fogja Magyarország nagy részét, azonban az kérdéses, hogy a terjesztett kórokozók mennyiben fogják követni a vektor terjedését.

Leishmaniózis és papatázi-láz

A Magyarországon a szúnyogoknál kevésbé ismert lepkeszúnyog (*Phlebotomus*) fajok számos *Leishmania* faj (egysejtű parazita) és néhány emberre nézve is patogén arbovírus terjesztői. A *Leishmania* fajok okozzák a leishmaniózis nevű betegséget, aminek azonban a különböző kórokozók szerint számos formája létezik, ezek közül a zsigereket érintő forma potenciálisan halálos kimenetelű betegség a megfelelő kezelés elmaradása esetén. Valószínű, hogy a klímaváltozás következtében a leishmaniózisok elterjedési területe északi irányban bővülni fog¹¹⁵, amit elősegít az emberi környezetben fő gazdaállatoknak tekinthető kutyák kereskedelmi- és vakációs célú transzeurópai utaztatása is¹¹⁶. A leishmaniózisok főként Észak-Afrikában és a Közel-Keleten gyakoriak az ottani lakosság körében, de Európában sem ritka a Földközi-tenger partvidékén. A betegség fő gazdaállatai ragadozók, emberi környezetben főként a kutyák. A mediterrán lepkeszúnyog fajok mai elterjedése harmadidőszaki őseiknek a mainál jóval melegebb éghajlathoz való adaptálódása révén meghatározott klimatikus igények miatt¹¹⁷ a világ egyenlítői területeitől a szubtrópusi övig terjed. Tényleges mai elterjedési területüket az utolsó jégkorszakot követő felmelegedés után nyerték el¹¹⁸. Magyarországon jelenleg négy fajtát tartják nyilván, a *Phlebotomus mascittii*, a *Phlebotomus neglectus*, a *Phlebotomus papatasi* és a *Phlebotomus perfiliwei* fajokat^{119,120}. Magyarországon nem ismert olyan eset, amikor *Leishmania* parazitát vitt volna át közvetlenül állatról emberre lepkeszúnyog, de kutya esetében előfordult már hazai átvitelrel megvalósult leishmaniózis eset¹²¹. Az előrejelzések szerint Magyarország klímája a jövőben a mainál jóval alkalmasabb lesz a lepkeszúnyog fajok számára. Nyolc modellezett lepkeszúnyog fajból hat faj esetén valószínűsíthető, hogy 2041-2070-es években Magyarország területén megtalálják életfeltételeiket, különösen az ország déli és centrális területein^{171,122}. Egy nagyharsányi, felhagyott kőbányában végzett lepkeszúnyog fogásokon alapuló tanulmány rávilágított

arra, hogy az egyébként rossz repülő képességgel rendelkező lepkeszúnyogok előszeretettel szaporodnak és tartózkodnak az árnyékos, alacsony napi hőingást mutató helyeken¹²³. Ilyen körülmények pedig a városokban gyakorta adóttak (pl. a bérházak belső udvaraiban, lépcsőházakban), amit a földközi-tengeri országokban végzett kutatások alá is támasztanak. Mivel a már említett evolúciós okokból következően a lepkeszúnyogok hidegérzékeny taxonok, az olyan nagyvárosok, mint Budapest, megfelelő környezetet nyújthatnak ezen betegségterjesztők számára. Az ezzel kapcsolatos kutatások arra jutottak, hogy a városok hőszennyezése, a városi hősziget-hatás, valamint a felmelegedés együttesen olyan életfeltételeket teremtenek a városokban, melyek hatására a jövőben a lepkeszúnyog fajok a nagyobb mérsékelt övi városokban is állandóan jelen lehetnek az éghajlatváltozás következtében^{124,125}. Az előadottak alapján nagyon valószínű, hogy a 21. század második felére a lepkeszúnyog fajok a rovarfauna megszokott és elterjedt elemeivé válnak Magyarországon, ami maga után vonhatja előbb a kutya, majd az emberi leishmaniózis esetek megjelenését. Mindezt az is erősíti, hogy egy térinformatikai alapú előrejelzés szerint az egyik őshonos lepkeszúnyog vektor, a *Phlebotomus neglectus* éves aktivitási szezonja az egész tágabban értelmezett kelet-mediterrán térségben éppen a Kárpát-medencében fog meghosszabbodni a legnagyobb mértékben¹²⁶. Az influenzaszerű tünetekkel járó, szintén lepkeszúnyogok által terjesztett papatázi-láz megjelenése szintén elképzelhető a jövőben Magyarországon.

Kullancsok által terjesztett megbetegedések

A kullancsbetegségek közül először az *Anaplasma* baktériumok és *Babesia* egysejtűek okozta megbetegedések érdemelnek említést. Mindkét nemzetség tagjai vörösvértesteket fertőznek, akár a malária kórokozói. A Babesiák által okozott babeziózis betegség során szétesnek a vörösvértestek, akárcsak a malária esetében, ezért humán fertőzés esetén a tünetek emlékeztetnek a maláriára. Fontos előre leszögezni, hogy a kullancsok által terjesztett kórokozókat gyakran több kullancsnemzetség számos faja is terjeszteni képes, ami területenként (kontinensenként, országonként) változhat, ezért a vektorként említett fajok csak példákat jelentenek a továbbiakban. A teljességre törekvés e tekintetben a jelen tanulmánynak nem képezheti célját. Az *Anaplasma phagocytophilum* egy Gram-negatív baktérium, amit *Ixodes* kullancsok terjesztenek¹²⁷, mint zoonózist és a humán granulocitás anap-

lazmózis okozója. A betegség által kiváltott tünetek emésztőrendszeriek és idegrendszeriek elsősorban. A babeziózis elsősorban a kutyák betegsége Magyarországon, de humán babeziózis esetek is előfordulnak (már kórokozóval). Az északi féltekén a *Babesia microti* és a *Babesia divergens* okozta humán babeziózisok száma emelkedő tendenciát mutat¹²⁸. A kutyák *Babesia canis* által okozott kutya babeziózisának egyik fő terjesztője a *Dermacentor reticulatus* kullancs lehet¹²⁹, de *Babesia microti* fertőzést is kimutattak már rókában Magyarországon¹³⁰, amit *Ixodes* kullancsok terjesztenek¹³¹. A babeziózis potenciálisan halálos kimenetelű a kutyákra nézve, a máj bántalma, a kialakuló akut veseelégtelenség, az akut hasnyálmirigy-gyulladás és a véralvadási zavarok következtében, ahogy ezt egy Magyarországon, 63 kutyán végzett tanulmány megállapította¹³². Keveset tudunk arról, hogy a klímaváltozás hogyan fogja érinteni a fentebbi betegségek előfordulását és esetszámát. Sréter és mtsai szerint mind az *Ixodes ricinus*, mind a *Dermacentor reticulatus* fajok előfordulása módosulóban van az éghajlatváltozás következtében Európában¹³³. Mindez magyarázatot adhat arra, miért emelkedik például a kutya babeziózisok esetszáma jelenleg Magyarországon. Gray és mtsai arra jutottak, hogy a fentebbi kullancsfajok által terjesztett zoonózisok európai esetszáma emelkedni fog az éghajlatváltozás következtében¹³⁴. Ezzel szemben Hornok és mtsai azt a véleményüket fogalmazták meg, hogy az elmúlt négy évtized klímaváltozásának hatásai állhatnak annak hátterében, hogy a *Babesia divergens* okozta szarvasmarha-babeziózis viszont úgyszólván eltűnt Északkelet-Magyarországról¹³⁵.

A humán kullancsbetegségek közül Magyarországon a ma is aránylag magas incidenciájú (15,42-6,15/100 000) Lyme borreliosis és az 1980-as évekhez képest ma már aránylag alacsony esetszámmal (0,42-0,17/100 000) jelentkező kullancs okozta agyhártya- és agyvelőgyulladás (röviden: kullancsencephalitis) érdemelnek említést. A Lyme borreliosis egy *Borrelia* nevű baktérium-nemzetség által okozott komplex tünetegyüttes kísért betegség, mely tünettájának ismertetése nem lehet a jelen tanulmány célja. Röviden annyit érdemes megemlíteni, hogy a korai vándorló bőrpírt (erythema chronicum migrans) idegrendszeri tünetek, szívizombántalom, majd később ízületi tünetek kísérhetik. Magyarországon ez a legnagyobb esetszámmal előforduló, vektorok által terjesztett megbetegedés jelenleg, ezres nagyságrendű éves esetszámmal. A fő terjesztők *Ixodes* nemzetségbe tartozó kullancsok, jellegzetesen az erdőssztyepp, valamint a gazdag aljnövényzetű

erdők pókszabású ízeltlábú. Éppen ezért, Magyarországon a megbetegedések nagy része elsősorban az ország erdős, illetve mozaikosan kultúrtáj-mező-erdő átmenetekkel tarkított területein fordul elő, amit a fertőzött rizikócsoportba tartozó emberek köre (erdészek, vadászok stb.) is igazol¹³⁶. Mindezen megállapítások érvényesek a kullancsencephalitisre is, amelyről ökológiai értelemben a Lyme borreliosis nem tér el lényegesen. Az 1998-2010-es években megfigyelt Lyme-eseteknek a hőmérsékleti trendekkel való összevetése azt mutatta, hogy a tavaszkezdet korábbra helyeződése egyben a Lyme-szezon korábbra tolódását és az éves esetszám növekedését is maga után vonta¹³⁷. A Lyme-esetszámok regionális eltéréseinek vizsgálata azt mutatta, hogy a magyar északnyugati és délnyugati megyék közti klimatikus különbségek tükröződnek a szezonkezdet-profilokban¹³⁸, ami szintén arra utal, hogy a klímaváltozás érzékenyen érintheti a kullancsbetegségek szezonális képét, különösen a tavaszi időszakban. A Lyme borreliosis éves esetszámának mélyebb elemzése azt mutatta, hogy az esetszámok alakulása az emberek természetben való jelenlétének és a kullancsok aktivitásának függvénye¹³⁹, amit tovább bonyolít az a körülmény modellezési szempontból, hogy a terjesztő kullancsok három generációja is jelen van, amiből kettő, a nimfa és az kifejlett kullancs biztosan terjesztője mind a Lyme-kórnak, mind a kullancsencephalitisnek. A Lyme borreliosis várható jövőbeli éves relatív esetszám-profiljának modellezése céljából készített modell szerint 2081-2100-ban az 1998-2008-as időszakhoz képest szélesebb betegségezőn várható, azonban a kullancsok nyári nyugalmi periódusa is hosszabbra nyúlhat⁶⁹. Egy, a kullancsok fertőződésének különböző lehetőségeit számításba vevő tanulmány azt találta, hogy a kullancsencephalitis átviteli valószínűsége kullancsról emberre növekedni fog a 21. század során Magyarországon¹⁴⁰. Természetesen ezen tanulmányok nem tudják tekintetbe venni a jövőben használt medikációk, így az oltóanyagok hatását, ami nagyban módosíthatja a jövőben majd ténylegesen megfigyelt betegségezőket. Ugyanakkor némi kétséget ébreszthet a jövőbeli trendeket illetően, hogy mint az már a növényi étellel kapcsolatos fejezetben bemutatásra került, a klímaváltozás egyik fontos ökológiai hatása Magyarországon az lehet, hogy az alacsonyabb tengerszint feletti magasságú területeken a jelenlegi erdőségek átadják helyüket a lejtőlábi erdőssztyepp vegetációnak. Mivel Zöldi és mtsai¹⁴¹ tanulmánya alapján tudjuk, hogy mind a Lyme borreliosis, mind a kullancsencephalitis jelenléte elsősorban az

erdei ökoszisztémákhoz kötött Magyarországon, az éghajlatváltozás hatása a kullancsbetegségek valós jövőbeli elterjedésére és esetszámára még további vizsgálatokat igényel. Ezt ellensúlyozandó azonban meg kell említeni, hogy kullancspopulációk jelentek meg Európa-szerte az utóbbi évtizedekben a nagyvárosok környékén és zöldterületein is, ami ma még beláthatatlan kockázatokat tartogathat az emberi társadalmakra és háziállatainkra nézve egyaránt¹⁴².

Az extrém időjárási eseményekhez, levegőminőséghez köthető egészségkockázatok

Az éghajlatváltozás egyik legfontosabb, közvetlenül az átlaghőmérséklet emelkedéséhez kapcsolódó hatása humánegészségügyi szempontból az extrém hőmérsékleti állapotok valószínűségének, intenzitásának és hosszának növekedése a jövőben¹⁴³. Általában is az éghajlatváltozás egyik fő, populáció-szintű humánegészségügyi következmény-csoportjaként az extrém időjárási események számának, mint az árvizeknek, hőhullámoknak, aszályok számának a növekedése jelölhető meg¹⁴⁴. Számos tanulmány figyelmeztet a hőhullámok-okozta halálozások növekvő jövőbeli esetszámára^{145,146,147} és nagy-számú tanulmány foglalkozik az eddig megfigyelt hőhullámokhoz társuló halálozásokkal és megbetegedésekkel^{144,148}. A hőhullámokra vonatkozó definíciókkal és fogalmakkal kapcsolatban a témában íródott publikációkra és könyvekre utalhatunk.

Hőterheléssel összefüggő megbetegedések és többlethalalozás

Az ember viszonylag szűk tartományokban képes természetes életfunkciói fenntartására. Gyakorlatilag a 29 és 41°C képezi a két határértéket. Ugyanakkor a „normál” tudat megtartottsága csak 35-39°C között lehetséges, igaz, e szélső állapotokban is megjelenik már homályos tudatállapot, aluszékonyosság. Mintegy ~22-24°C körüli külső hőmérsékleten már minimálisra csökken a hőfelvétel és hőleadás közötti különbség, ez a termoneutrális állapot. Egy, a Magyarországon 2005–2014-es időszakban feljegyzett napi halálozási adatokra épülő tanulmány¹⁴⁷ kimutatta, hogy nem sokkal az elméleti termoneutrális hőmérséklet felett, 25,4°C-ot meghaladó környezeti hőmérsékleten már mérhető többlethalalozás tapasztalható. A halálozás fő oka a szív-érrendszeri többletterhelésből adódik, ami a beteg számára adott hőmérsékleti érték mellett már kompenzálhatatlan folyamatokat indíthat el a szervezetben. Például, a 2007-es európai hőhullám idején Magyarországon a

napi többlethalalozás 30%-kal volt magasabb, mint a hőhullámon kívüli nyári napokon¹⁴⁹. Bobvos és mtsai a fentebb említett tanulmányukban azt találták, hogy a jelenlegi magyar népességet és érzékenységi szintet feltételezve, 2021–2050-re 2,6-szeresére, 2071–2100-ra pedig 7,4-szeresére emelkedhet a hőhullámok okozta halálozások száma, ami évente 2030-5800 többlethalálozást jelentene¹⁴⁷. Összességében elmondható, hogy a klímaváltozás növelni fogja a többlet- hőterhelés miatti halálozások számát a jövőben Magyarországon, ami összhangban van a más országokban észlelt és előrejelített változásokkal^{150,151,152}. A hőhullámok gyakoribbá válása jelentős munkateljesítmény csökkenéssel jár. Kísérletes eredmények támasztják alá azt, hogy az ideális 25°C-on mért munkateljesítmény 35°C-on 20%-kal csökken¹⁵³. A tartósan forróságnak kitett dolgozók körében hazánkban is leírtak hőséguta miatti halálozásokot és a tartós hőstressz növeli a krónikus veseelégtelenség kockázatát^{154,155}. Mind a kültéri, mind a beltéri magas hőmérsékleten végzett munka során biztosítani kell a megfelelő munkafeltételeket, a munkaidő észszerű szabályozásával, pihenőidőkkel, hűsölési lehetőségekkel és a megfelelő folyadékpótlással.

Levegőminőséggel összefüggő megbetegedések

A városi levegőminőségre veszélyt jelent a városok klímaváltozás által indukált fokozott felmelegedése¹⁵⁶. Tudott, hogy a városok hőmérséklete, méretüktől függően magasabb, mint természeti/mezőgazdasági környezetüké. Ez részben összefüggésben van az épített környezet eltérő hővisszatartási, hőelnyelési képességével, a megváltozott légáramlási viszonyokkal, a fűtéssel, de a gépek és emberek által kibocsátott plusz hőenergiával is. Például, Budapest esetén a városközpont felszíni hőmérséklete 2016 augusztusában 7-8°C-kal volt magasabb, mint a környező agrárterületeké és erdős foltoké¹⁵⁷. Nyáron, a napsugárzás ultraviola-tartománya, a magas hőmérséklet és a kipufogógázok összjátéka révén áll elő a fotokémiai szmog. Ismert, hogy a talajközeli ózon, mint a fotokémiai szmog által generált szennyező gáz, jelentős egészségkárosító hatással bír. A talajközeli ózon azon kívül, hogy izgatja a kötőhártyát és a nyálkahártyákat, károsítja a légzőrendszert, sőt, az idegrendszert és a szívet is. Egy 2004-2010-ben kilenc európai nagyváros, köztük Budapest napi halálozási adatainak bevonásával készült tanulmány azt találta, hogy az enyhe talajközeli ózonkoncentrációt mutató napok esetén, 1°C hőmérséklet-emelkedés mellett az összes halálok miatti halálozás 1,84% emelkedést, míg a magas ózonkoncentrációval jellemezhető napok

esetén 2,20% többletet mutatott¹⁵⁸. Egy Veszprémben végzett tanulmány kimutatta, hogy a klímaváltozás a városközpontokban a talajközeli ózon-koncentráció erőteljes növekedését fogja előidézni a 21. században, ami jelentős populáció szintű egészségterhet jelenthet a jövőben a város lakossága számára¹⁵⁹.

A levegőminőség változásának egy speciális, de fontos területét jelenti az invazív, nagyfokú pollentermelésükkel allergiás tüneteket kiváltani képes növények terjedése. Klasszikus példája ennek a jelenségnek a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), melynek a 20. század dereka óta lezajlott terjedését nagymértékben elősegíthették az egyre melegebbé váló nyarak, különösen Kelet-Közép- és Kelet-Európában¹⁶⁰. A parlagfű pollen fontos kiváltó faktora a légzőszervi allergiának, az asztmának gyermekkorban (is) Magyarországon¹⁶¹. Európában a három parlagfűvel leginkább szennyezett régió a Pannon-síkság, Lombardia nyugati része és a Rhône-Alpesi régió. Mind az éves pollenszám, mind a napi maximális pollenszám a parlagfű pollenszezonjának kezdetétől és időtartamától függ, ez viszont alapvetően klimatikus és geográfiai tényezők által meghatározott¹⁶². Mivel a parlagfű virágzásának - ahogy más zárvatermőknek is -, létezik egy kumulált napi hőmérsékleti küszöbértéke¹⁶³ (ez 1400°C e faj esetében), ebből értelemszerűen az következik, hogy a melegebb vegetációs időszak miatt a parlagfű hamarabb éri el a virágzóképes állapotot, ezzel meghosszabbítva a pollenszórás időszakát. A parlagfű esetén az is problémát jelent, hogy a szél szárnyán pollenje nagy távolságokra jut el, így a pollentermelés helyétől nagy távolságra is allergiás tüneteket okozhat¹⁶⁴.

Szintén problémát jelent az ugyancsak allergiás reakciókat, de akár súlyos humán mycosisokat (gombafertőzéseket) kiváltani képes gombák terjedése az éghajlatváltozás következtében. Ilyenek például az *Alternaria* fajok, melyek ugyan alapvetően növényi kártevők, de legyengült immunállapotú betegekben képesek opportunistá fertőzéseket okozni (pl. HIV betegekben), továbbá erősen allergén spórákat termelnek. Egy 23 európai város adatait felhasználó tanulmányban, melyben budapesti adatok is szerepeltek, azt állapították meg, hogy miközben a hosszú távú gombaspóra-koncentráció a levegőben a helyi klíma és a mezőgazdasági hasznosítási formák függvénye, az éves spórakoncentráció az aktuális meteorológiai körülmények hatására változik. Érdekességként megemlíthető, hogy a legmagasabb átlagos szezonális spóraindex értéket éppen Budapesten mérték¹⁶⁵. Mivel a gomba spóratermelésének hőmérsékleti optimuma

25°C¹⁶⁶, könnyen elképzelhető, hogy a városi hősziget-hatás és a klímaváltozás együttesen jelentős mértékben hozzájárulhat a levegő spórakoncentrációjának emelkedéséhez a jövőben.

A gombaspórák jelenléte a levegőben fontos részét képezi a beltéri légszennyezésnek, ugyanakkor a PM_{2,5}, a benzol, limonén, ózon és radon koncentráció is meghatározó a levegőben egészségügyi szempontból. Egy 115 európai iskolát tömörítő vizsgálat kimutatta, hogy azok a gyermekek, akik olyan iskolákba jártak, ahol az előbb említett beltéri levegőszennyezők koncentrációja az átlagnál magasabb volt, a gyermekek jelentősen nagyobb arányban szenvedtek légúti tünetektől és nyálkahártya-irritációtól¹⁶⁷. Mivel a beltéri levegőszennyezők közül számos, pl. a benzol vagy a limonén lakokból, szerves oldószerekből származik, valószínű, hogy a magasabb beltéri hőmérséklet okozta fokozott kipárolgásuk miatt magasabb koncentrációt képesek elérni melegebb körülmények között ezek az anyagok a beltéri levegőben.

A magas hőmérséklet hatása a gyógyszerekre

Számos gyógyszer van befolyással a testhőmérsékletre és a jövőben gyakrabban várható hőhullámok és általában a magasabb nyári átlaghőmérséklet miatt rejtett kockázatot jelenthetnek az emberi életre nézve. Egyes vegyületek, mint az atropin, gátolják a hőleadást, a bőr ereinek szűkítésével, valamint az izzadság elválasztásának közvetett vagy közvetlen gátlásával. Más vegyületek növelik a hőtermelést, mint pl. az amfetaminok. A diurézisre (vizeletürítésre) ható gyógyszerek növelik a napi vizeletmennyiséget, ami, ha nem pótolják az elvesztett mennyiséget, súlyos kiszáradáshoz vezethet. Különböző gyógyszerek, mérgek rendelkeznek direkt testhőmérséklet-növelő hatással, mint amilyen a szalicilátok kontrollálhatatlan és életveszélyesen magas testhőmérsékletet okozó hatása az erre érzékeny embereknél. Az idős, krónikus betegek és általában az időskorúak egyszerre több gyógyszert is szedhetnek (vízhajtókat, vérnyomás-csökkentőket stb.). Ezek a hatóanyagok egyenként is negatív hatással lehetnek a hőregulációra, együttesen azonban hatásuk szinergista módon összegződhet. Külön figyelmet érdemelne, hogy melegfronti hatás, valamint a hőhullámok idején a szervezet paraszimpatikus tónusa a szimpatikus terhére fokozódik, amit figyelembe kellene venni a gyógyszerek dózisának kiszámolásakor. Egyes gyógyszerek, mint az antikolinergikumok, a dyphenhydramine, a triciklikus antidepresszánsok csökkentik a verejték-elválasztást, ami túlhevülést eredményezhet. A

béta-blokkolók, az ergot-alkaloidok szűkítik a bőr ereit, ezáltal gátolva a hőleadást. A lítium, a különböző diuretikumok, az etil-alkohol fokozzák a vizeletkiválasztást, ami kiszáradáshoz vezethet. A stimulánsok (a légúti betegségek esetén használt és teában is meglévő teofillin és a kávéban jelenlévő koffein is!), az adrenalin és a noradrenalin, az adrenerg béta-receptor izgatók, a prosztaglandinok növelik a testhőmérsékletet az alapanyagcsere növelése által. A fentebb említetteken kívül azt is meg kell jegyezni, hogy a gyógyszerek sok esetben hőérzékeny vegyületek is. Ha a tárolásuk nem megfelelő környezetben valósul meg, hatásosságuk, hatásmechanizmusuk (a vegyületek hőbomlása, illetve reakciói révén) módosulhatnak. Számos gyógyszer a gyári ajánlás szerint nem tartható 25°C feletti hőmérsékleten, így pl. a szelektív béta-blokkoló szerek nagy része, más vegyületek pedig felhasználás előtt 2-8 °C között tartandók, majd felbontva 25°C alatt egy meghatározott ideig (általában legfeljebb 1-2 hónapig), mint amilyenek a doxorubicin hatóanyagú gyógyszerek, az oltóanyagok pedig szigorúan csak hűtve tárolhatók^{168,169}.

Mentális egészség

A klímaváltozás okozta többlethalálások, anyagi károk, valamint az extrém meteorológiai állapotok által okozott mentális terhek a klímaváltozásnak az emberi szempontból vett talán legfontosabb vetületének tekinthetők. Berry és mtsai¹⁷⁰ szerint a hőmérséklet emelkedése közvetlenül befolyásolja (1) a fizikai egészséget; például a szélsőséges hőhatások az érzékeny személyekben hőkimerülést és az ezzel járó mentális egészségügyi következményeket okozhatnak. Továbbá, az éghajlatváltozás negatív következményei szintén negatívan befolyásolják (2) a közösség jóllétét, ami visszahat az egyének mentális állapotára. A közösségen belüli romló jóllét jelenti azt a faktort, amely révén az éghajlatváltozás rontja a fizikai környezetet, amely pedig visszahatva károsítja a teljes társadalmi környezetet is, egy önröntó visszacsatolást hozva ezzel létre az emberi psziché és a változó környezet között. Különösen súlyosan érinti mindez az anyagilag és társadalmilag kiszolgáltatott embereket és az alacsony átlagjövedelmű országokat. Cunsolo és Ellis szerint a jelen generációk szemé láttára lejátszódó, éghajlatváltozás és más emberi romboló hatások okozta ökológiai katasztrófák mentális reakciójaként egyfajta „ökológiai gyász” állapota jelenik majd meg az emberiség tudatában¹⁷¹. Obradovich és mtsai¹⁷² eredményei szerint a felmelegedés mérhető módon növeli a mentális be-

tegségek előfordulását. A szerzők azt találták, hogy az Egyesült Államok délnyugati államaiban a havi hőmérsékletnek a 25°C és 30°C közötti tartományról a 30°C-ot meghaladó hőmérsékletekre való növekedése 0,5%-kal növelte a mentális megbetegedések valószínűségét; öt évnyi extrém meleg nyarakat követően pedig a mentális betegségek gyakorisága már 2%-kal emelkedett. Bár Magyarországon még nem készült a témában átfogó tanulmány, nagyon valószínű, hogy a klímaváltozás a Kárpát-medencei népesség mentális állapotára is hatást gyakorol majd.

Következtetés

A hazai kutatási eredmények egyértelműen alátámasztják azt, hogy hazánkban is számolni kell az éghajlatváltozás egészségkockázataival. Az előrejelzések alapján ezek a hatások az elkövetkező években, évtizedekben egyre súlyosabbak lesznek. A WHO 2018-ban kiadott külön jelentésében¹⁷³ hangsúlyozza, hogy az éghajlatváltozás hatékony kezelése és az egészségre gyakorolt előnyök maximalizálása széleskörű társadalmi összefogást igényel, amelyben mind az egészségügyi közösség, mind a civil társadalom szerepet játszhat.

2017-ben a 6. Egészség- és Környezetvédelmi Miniszeri Konferencia (EURO/Ostrava2017/6) nyilatkozatában¹⁷⁴ a WHO/Euro tagállamai kötelezettséget vállaltak a klímaváltozás egészségkockázatainak mérséklésére. A nyilatkozat szerint a Tagállamok elkötelezték magukat az adaptív kapacitás megerősítésére a klímaváltozással kapcsolatos egészségkockázatokkal szemben, továbbá a mitigáció csökkentésére irányuló intézkedések támogatására a közös egészség nyereségek elérése érdekében a Párizsi Megegyezés értelmében. Az Ostravai Deklaráció mellékletében¹⁷⁵ stratégiai célokat is megfogalmaz, amelyek szerint szükséges az:

egészségügyi ellátó rendszerek megerősítése, felkészítése a klímaváltozásból eredő veszélyekre: (i) az extrém időjárási helyzetekre; (ii) a megfelelő gyors közegészségügyi válaszadásra;

kiemelten fontos a vektorok kezelése, a környezetegészségügyi védelem és a betegségek felügyeleti rendszerének fejlesztése;

fel kell készülni az eddig kevésbé fontosnak tartott trópusi betegségek kontrollálására, az egészség környezeti és szociális elemeinek javítására a tiszta ivóvíztől kiindulva a nők jobb egészségi állapotáig.

A felsorolt célokat fogalmazza meg a 2018-2030 közötti időszakra szóló második Nemzeti Éghajlatválto-

zási Stratégia (NÉS2)¹⁷⁶. A stratégia egyik fontos eleme a Nemzeti Alkalmazkodási Stratégia, amely az emberi egészséget érintő és népegészségügyi kérdéseket is tárgyal, cselekvési irányokat és feladatokat határoz meg.

A klímaváltozás egészségi hatásainak megelőzésére, az alkalmazkodás elősegítésére a NÉS2 egyértelmű célokat és cselekvési irányokat fogalmaz meg:

„Intézkedési terv”: kormányhatározat kidolgozása, amely egyértelműen meghatározza a feladatokat és a felelősöket.

Környezetegészségügyi védelem és a betegségek felügyeleti rendszerének fejlesztése, klíma-egészségügyi hálózat (tovább)fejlesztése: valós idejű felügyeleti rendszer kiépítése és működtetése a gyors válaszadások, megfelelő azonnali intézkedések meghozatalának megalapozásához.

A tudatosság növelése, oktatás és figyelemfelkeltés: egészségügyi és szociális személyzet szakirányú képzése, a lakosság klíma-egészségügyi tudatosságának növelése.

„Legjobb gyakorlatok” megosztása a tudományos kutatási eredmények közzététele, hozzájárulás a NATér kialakításához.

Egészségügyi ellátórendszerek megerősítése: módszertani útmutató kialakítása a kórházak, egészségügyi intézmények környezeti (klímaspecifikus) fenntarthatósága elősegítése érdekében.

A klímaváltozás egészségkockázataival szembeni felkészülést elő kell segíteni a stratégiához kapcsolódó cselekvési tervek végrehajtásával.

Anyagi támogatás

A közlemény az Emberi Erőforrások Minisztériumára felkérésére az EMMI IV/1183-1/2020/EGST Éghajlatváltozás és egészség projekt keretében készült.

Szerzői munkamegosztás

T.A.J.: adatgyűjtés, közlemények elemzése, cikk megírása; P.A. projektvezető, hozzájárulás a közlemény elkészítéséhez.

Érdekeltségek

A szerzőknek nincsenek anyagi érdekeltségeik.

Nyilatkozat

A cikk végleges változatát a szerzők elolvasták és jóváhagyták.

Irodalomjegyzék

1. Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M., és mtsai (2018). The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet*, 391(10120), 581-630. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32464-9](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32464-9)
2. IPCC (2014): Climate Change: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for Policymakers. In: Aldunce, P. – Ometto, J. P. – Raholijao, N. – Yasuhara, K. (eds.): Final draft of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>
3. EU Alkalmazkodás a Klímaváltozáshoz Stratégia 2013. Brussels, 16.4.2013 COM (2013) 216 final. Commission Staff Working Document Accompanying document to the White Paper Adapting to climate change: Towards a European framework for action Human, Animal and Plant Health Impacts of Climate Change [COM(2009) 147 final]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52009SC0416&from=EN>
4. Towards One Health preparedness <https://www.ecdc.europa.eu/sites/default/files/documents/One-Health-preparedness-24-May-2018.pdf>
5. Pieczka, I., Bartholy, J., Pongrácz, R., & Hunyady, A. (2009). Climate change scenarios for Hungary based on numerical simulations with a dynamical climate model. In International Conference on Large-Scale Scientific Computing (pp. 613-620). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12535-5_73
6. Bartholy, J., & Gelybó, R. P. G. (2007). Regional climate change expected in Hungary for 2071-2100. *Applied Ecology and Environmental Research*, 5(1), 1-17. https://doi.org/10.15666/aeer/0501_001017
7. Pongrácz, R., Bartholy, J., & Miklós, E. (2011). Analysis of projected climate change for Hungary using ensembles simulations. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(4), 387-398. https://doi.org/10.15666/aeer/0904_387398
8. Gálos, B., Lorenz, P., & Jacob, D. (2007). Will dry events occur more often in Hungary in the future? *Environmental Research Letters*, 2(3), 034006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/2/3/034006>
9. Blanka, V., Mezósi, G., & Meyer, B. (2013). Projected changes in the drought hazard in Hungary due to climate change. *Időjárás*, 117(2), 219-237.

10. Somogyi, Z. (2008). Recent trends of tree growth in relation to climate change in Hungary. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 4, 17-27.
11. Kotroczó, Z., Veres, Z., Fekete, I., Papp, M., & Tóth, J. A. (2012). Effects of climate change on litter production in a *Quercetum petraeae-cerris* forest in Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 8(1), 31-38.
12. Móricz, N., Rasztovits, E., Gálos, B., Berki, I., Eredics, A., & Loibl, W. (2013). Modelling the potential distribution of three climate zonal tree species for present and future climate in Hungary. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, 9(1), 85-96.
13. Trájer, A., Bede-Fazekas, Á., Hammer, T., & Padišák, J. (2015). Modelling the growth of young individuals of *Pinus nigra* on thin carbonate soils under climate change in Hungary. *Acta Botanica Hungarica*, 57(3-4), 419-442. <https://doi.org/10.1556/034.57.2015.3-4.11>
14. Trájer, A. J., Hammer, T., Bede-Fazekas, Á., Schoffhauzer, J., & Padišák, J. (2016). The comparison of the potential effect of climate change on the segment growth of *Fraxinus ornus*, *Pinus nigra* and *Ailanthus altissima* on shallow, calcareous soils. *Applied Ecology and Environmental Research*, 14(3), 161-182. https://doi.org/10.15666/aeer/1403_161182
15. Kovács-Láng, E., Kröel-Dulay, G., Kertész, M., Fekete, G., Bartha, S., Mika, J., et al (2000). Changes in the composition of sand grasslands along a climatic gradient in Hungary and implications for climate change. *Phytocoenologia*, 30(3/4), 385-407. <https://doi.org/10.1127/phyto/30/2000/385>
16. Bartha, S., Campetella, G., Ruprecht, E., Kun, A., Házi, J., Horváth, A., et al. (2008). Will interannual variability in sand grassland communities increase with climate change? *Community Ecology*, 9(1), 13-21. <https://doi.org/10.1556/ComEc.9.2008.S.4>
17. Bede-Fazekas, Á., & Trájer, A. J. (2013). Ornamental plants as climatic indicators of arthropod vectors. *Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment*, 5(1), 19-39. <https://doi.org/10.2478/ausae-2014-0002>
18. Erdős, L., Tölgyesi, C., Cseh, V., Tolnay, D., Cserhalmi, D., Körmöczy, L., et al. (2015). Vegetation history, recent dynamics and future prospects of a Hungarian sandy forest-steppe reserve: forest-grassland relations, tree species composition and size-class distribution. *Community Ecology*, 16(1), 95-105. <https://doi.org/10.1556/168.2015.16.1.11>
19. Bede-Fazekas, Á. (2012). Methods of modeling the future shift of the so called Moesz-line. *Applied Ecology and Environmental Research*, 10(2), 141-156. https://doi.org/10.15666/aeer/1002_141156
20. Bede-Fazekas, Á. (2013). Modeling the Impacts of Climate Change on Phytogeographical Units. A Case Study of the Moesz Line. *Journal of Environmental Geography*, 6(1-2), 21-27. <https://doi.org/10.2478/v10326-012-0003-3>
21. Szabó, B., Vincze, E., & Czúcz, B. (2016). Flowering phenological changes in relation to climate change in Hungary. *International journal of biometeorology*, 60(9), 1347-1356. <https://doi.org/10.1007/s00484-015-1128-1>
22. Gaál, M., Quiroga, S., & Fernández-Haddad, Z. (2014). Potential impacts of climate change on agricultural land use suitability of the Hungarian counties. *Regional Environmental Change*, 14(2), 597-610. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0518-3>
23. Fodor, N., & Pásztor, L. (2010). The agro-ecological potential of Hungary and its prospective development due to climate change. *Applied Ecology and Environmental Research*, 8(3), 177-190.
24. Gaál, M., Mézes, Z., Szabó, Z., & Szenteleki, K. (2011). Evaluation of the expected climatic conditions regarding cherry production in central Hungary. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(3), 265-277.
25. Somogyi, Z. (2016). Projected effects of climate change on the carbon stocks of European beech (*Fagus sylvatica* L.) forests in Zala County, Hungary. *Central European Forestry Journal*, 62(1), 3-14. <https://doi.org/10.1515/forj-2016-0001>
26. Trájer, A. J., Hammer, T., Mlinárik, L., Bede-Fazekas, Á., & Padišák, J. (2015). The neogene-quaternary evolution of the karst landscape of the Veszprém plateau based on the study of Meggyespuszta paleodoline, Hungary. *Acta Carsologica*, 44(2), 177-190. <https://doi.org/10.3986/ac.v44i2.801>
27. Trájer, A. J., Mlinárik, L., Hammer, T., Földényi, R., Somlai, J., & Bede-Fazekas, Á. (2020). Investigation of the vulnerability of a partly covered karst feature in Veszprém, Hungary. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08407-x>
28. Zsákovics, G., Kovács, F., Kiss, A., & Pócsik, E. (2007). Risk analysis of the aridification-endangered sand-ridge area in the Danube-Tisza Interfluvium. *Acta Climatol. Chorol. Univ. Szeged*, 40(41), 169-178.

29. Ladányi, Z., Blanka, V., Meyer, B., Mezősi, G., & Rakonczai, J. (2015). Multi-indicator sensitivity analysis of climate change effects on landscapes in the Kiskunság National Park, Hungary. *Ecological indicators*, 58, 8-20. <https://doi.org/10.1016/j.eco-lind.2015.05.024>
30. Szatmári, J., Tobak, Z., & Novák, Z. (2016). Environmental monitoring supported by aerial photography—a case study of the burnt down Bugac juniper forest, Hungary. *Journal of Environmental Geography*, 9(1-2), 31-38. <https://doi.org/10.1515/jen-geo-2016-0005>
31. Kertész, M., Aszalós, R., Lengyel, A., & Ónodi, G. (2017). Synergistic effects of the components of global change: Increased vegetation dynamics in open, forest-steppe grasslands driven by wildfires and year-to-year precipitation differences. *PLoS One*, 12(11), e0188260. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188260>
32. Morriën, E., Engelkes, T., Macel, M., Meisner, A., & Van der Putten, W. H. (2010). Climate change and invasion by intracontinental range-expanding exotic plants: the role of biotic interactions. *Annals of Botany*, 105(6), 843-848. <https://doi.org/10.1093/aob/mcq064>
33. Nacambo, S., Leuthardt, F. L., Wan, H., Li, H., Haye, T., Baur, B., Weiss R. M., & Kenis, M. (2014). Development characteristics of the box-tree moth *Cydalima perspectalis* and its potential distribution in Europe. *Journal of Applied Entomology*, 138(1-2), 14-26. <https://doi.org/10.1111/jen.12078>
34. Patterson, D. T. (1993). Implications of global climate change for impact of weeds, insects, and plant diseases. *International Crop Science I*, 273-280. <https://doi.org/10.2135/1993.internationalcropscience.c42>
35. Clements, D. R., & Ditommaso, A. (2011). Climate change and weed adaptation: can evolution of invasive plants lead to greater range expansion than forecasted? *Weed Research*, 51(3), 227-240. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2011.00850.x>
36. Bradley, B. A., Wilcove, D. S., & Oppenheimer, M. (2010). Climate change increases risk of plant invasion in the Eastern United States. *Biological Invasions*, 12(6), 1855-1872. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9597-y>
37. Quammen, D. (1998). The weeds shall inherit the earth. *The Independent*, 30-39.
38. Peters, K., Breitsameter, L., & Gerowitt, B. (2014). Impact of climate change on weeds in agriculture: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(4), 707-721. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0245-2>
39. Korres, N. E., Norsworthy, J. K., Tehranchian, P., Gitsopoulos, T. K., Loka, D. A., Oosterhuis, D. M., Gealy, D. R., Moss, S. R., Burgos, N. R., Miller, M. R., & Palhano, M. (2016). Cultivars to face climate change effects on crops and weeds: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0350-5>
40. Matzrafi, M., Seiwert, B., Reemtsma, T., Rubin, B., & Peleg, Z. (2016). Climate change increases the risk of herbicide-resistant weeds due to enhanced detoxification. *Planta*, 244(6), 1217-1227. <https://doi.org/10.1007/s00425-016-2577-4>
41. Varanasi, A., Prasad, P. V., & Jugulam, M. (2016). Impact of climate change factors on weeds and herbicide efficacy. In *Advances in agronomy* (Vol. 135, pp. 107-146). Academic Press.
42. Kriticos, D. J., Watt, M. S., Potter, K. J. B., Manning, L. K., Alexander, N. S., & Tallent-Halsell, N. (2011). Managing invasive weeds under climate change: considering the current and potential future distribution of *Buddleja davidii*. *Weed Research*, 51(1), 85-96. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.2010.00827.x>
43. Cannon, R. J. (1998). The implications of predicted climate change for insect pests in the UK, with emphasis on non-indigenous species. *Global Change Biology*, 4(7), 785-796. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1998.00190.x>
44. Kovács F. (szerk.) (1998) Mikotoxikózisok a táplálékláncban. Stratégiai Kutatások a Magyar Tudományos Akadémián. Budapest: MTA Agrártudományok Osztálya.
45. Fazekas B. – Tar A. – Kovács M. (2005) Aflatoxin and Ochratoxin. A Content in Spices in Hungary. *Food Additives and Contaminants*, 22(9). 856–863. <https://doi.org/10.1080/02652030500198027>
46. Dobolyi, C. S., Sebők, F., Varga, J., Kocsubé, S., Szigeti, G., Baranyi, N., & Szoboszlai, S. (2013). Occurrence of aflatoxin producing *Aspergillus flavus* isolates in maize kernel in Hungary. *Acta Alimentaria*, 42(3), 451-459. <https://doi.org/10.1556/AA-Iim.42.2013.3.18>
47. Richard, J. L., Bhatnagar, D., Peterson, S., & Sandor, G. (1992). Assessment of aflatoxin and cyclopiazonic acid production by *Aspergillus flavus* isolates from Hungary. *Mycopathologia*, 120(3), 183-188. <https://doi.org/10.1007/BF00436397>

48. Borbély, M., Sipos, P., Pelles, F., & Győri, Z. (2010). Mycotoxin contamination in cereals. *J. Agronom. Proc. Technol*, 16, 96-98.
49. Varga J. – Kocsubé S. – Szigeti Gy. – Man V. – Tóth B. – Vágvölgyi Cs. – Bartók T. (2012) Black Aspergilli and Fumonisin Contamination in Onions Purchased in Hungary. *Acta Alimentaria*, 41(4). 414–423. <http://dx.doi.org/10.1556/AAlim.41.2012.4.3>
50. Farkas, J., & Beczner, J. (2009). A klímaváltozás és a globális felmelegedés várható hatása a mikológiai élelmiszer-biztonságra. Effect of climate change and global warming on mycological food safety. *Klíma-21 Füzetek*, 56, 3-17.
51. EFSA (2012) Modelling, Predicting and Mapping the Emergence of Aflatoxins in Cereals in the EU Due to Climate Change. Scientific Report submitted to EFSA. (Question No. EFSA-Q-2009-00812) <https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2012.EN-223>
52. Kuti, R., & Nagy, Á. (2015). Weather Extremities, Challenges and Risks in Hungary. *AARMS–Academic and Applied Research in Military Science*, 14(4), 299-305. https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/aarms-vol-14_-issue4_-2015.original.pdf
53. Semenza, J. C., Tran, A., Espinosa, L., Sudre, B., Domanovic, D., & Paz, S. (2016). Climate change projections of West Nile virus infections in Europe: implications for blood safety practices. *Environmental Health*, 15(1), 125-136. <https://doi.org/10.1186/s12940-016-0105-4>
54. Trájer, A., & Schoffhauzer, J. (2016). Comparison of the temperature-driven seasonality of campylobacteriosis and salmonellosis and the annual phenology of *Eristalis tenax* (Diptera: Syrphidae). *Orvosi hetilap*, 157(14), 529-538. <https://doi.org/10.1556/650.2016.30383>
55. Kovats, R. S., Edwards, S. J., Hajat, S., Armstrong, B. G., Ebi, K. L., & Menne, B. (2004). The effect of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. *Epidemiology & Infection*, 132(3), 443-453. <https://doi.org/10.1017/S0950268804001992>
56. Dura, G., Pandics, T., Kadar, M., Krisztalovics, K., Kiss, Z., Bodnar, J., és mtsai (2010). Environmental health aspects of drinking water-borne outbreak due to karst flooding: case study. *Journal of water and health*, 8(3), 513-520. <https://doi.org/10.2166/wh.2010.099>
57. Havas, Z. (2005). Az aquinumi aquaeductus új aspektusai. *Budapest régiségei*, 39, 51-70.
58. Ma, T., Wang, Y., & Guo, Q. (2004). Response of carbonate aquifer to climate change in northern China: a case study at the Shentou karst springs. *Journal of hydrology*, 297(1-4), 274-284. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.04.020>
59. Wu, L., Wang, S., Bai, X., Luo, W., Tian, Y., Zeng, C., Luo, G., & He, S. (2017). Quantitative assessment of the impacts of climate change and human activities on runoff change in a typical karst watershed, SW China. *Science of the Total Environment*, 601, 1449-1465. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.288>
60. Lengyel, E., Lázár, D., Trájer, A. J., & Stenger-Kovács, C. (2020). Climate change projections for Carpathian soda pans on the basis of photosynthesis evidence from typical diatom species. *Science of the Total Environment*, 710, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136241>
61. Padišák, J. (1998). Sudden and gradual responses of phytoplankton to global climate change: case studies from two large, shallow lakes (Balaton, Hungary and the Neusiedlersee Austria/Hungary). In: NATO Advanced Research Workshop on Management of Lakes and Reservoirs during Global Climate Change, 1995. november 11-15., Prága, Czech Republic. <http://real.mtak.hu/3233/1/1014167.pdf>
62. Lindgren, E., Andersson, Y., Suk, J.E., Sudre, B., Semenza, J.C. (2012) Public health. Monitoring EU emerging infectious disease risk due to climate change. *Science (New York, N.Y.)*, 336(6080). 418–419. <https://doi.org/10.1126/science.1215735>
63. Faulde, M., & Spiesberger, M. (2013). Role of the moth fly *Clogmia albipunctata* (Diptera: Psychodidae) as a mechanical vector of bacterial pathogens in German hospitals. *Journal of Hospital Infection*, 83(1), 51-60. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2012.09.019>
64. Rupprecht, T., Moter, A., Wiessener, A., Reutershan, J., Lang-Schwarz, K., Vieth, M., és mtsai (2020). Spread of Multidrug-Resistant Bacteria by Moth Flies from Hospital Waste Water System. *Emerging infectious diseases*, 26(8), 1893. <https://doi.org/10.3201/eid2608.190750>
65. Trájer, A. J., Juhász P. (2017). The hygienic importance of *Clogmia albipunctata* (Diptera: Psychodidae) in hospitals A *Clogmia albipunctata* (Diptera: Psychodidae) kórházhigiénés jelentősége.. *Egészségtudomány* 61 (3), pp. 33. <http://egeszseg-tudomany.higienikus.hu/cikk/2017-3/Trajer.pdf>

66. Oboňa, J., & Ježek, J. (2012). Range expansion of the invasive moth midge *Clogmia albipunctata* (Williston, 1893) in Slovakia (Diptera: Psychodidae). *Folia Faunistica Slovaca*, 17(4), 387-391.
67. Rogers, D. J., & Randolph, S. E. (2006). Climate change and vector-borne diseases. *Advances in parasitology*, 62, 345-381. [https://doi.org/10.1016/S0065-308X\(05\)62010-6](https://doi.org/10.1016/S0065-308X(05)62010-6)
68. Gage, K. L., Burkot, T. R., Eisen, R. J., & Hayes, E. B. (2008). Climate and vectorborne diseases. *American journal of preventive medicine*, 35(5), 436-450. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.08.030>
69. Bede-Fazekas, Á., & Trájer, A. J. (2019). A framework for predicting the effects of climate change on the annual distribution of Lyme borreliosis incidences. *International Journal of Global Warming*, 18(1), 81-102. <https://doi.org/10.1504/IJGW.2019.10021851>
70. Trájer, A. J., & Padisák, J. (2019). Exploration of the main types of biome-scale culicid entomofauna (Diptera: Culicidae) in Europe and its relationship to the occurrence of mosquito-borne arboviruses. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 65(3), 299-322. <https://doi.org/10.17109/AZH.65.3.299.2019>
71. Gonzalez, P., Neilson, R. P., Lenihan, J. M., & Drapek, R. J. (2010). Global patterns in the vulnerability of ecosystems to vegetation shifts due to climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 19(6), 755-768. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00558.x>
72. Scholze, M., Knorr, W., Arnell, N. W., & Prentice, I. C. (2006). A climate-change risk analysis for world ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(35), 13116-13120. <https://doi.org/10.1073/pnas.0601816103>
73. Hanewinkel, M., Cullmann, D. A., Schelhaas, M. J., Nabuurs, G. J., & Zimmermann, N. E. (2013). Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. *Nature climate change*, 3(3), 203-207. <https://doi.org/10.1038/nclimate1687>
74. Fok, É. (2007). The importance of dirofilariosis in carnivores and humans in Hungary, past and present. The importance of dirofilariosis in carnivores and humans in Hungary, past and present., 8, 181-188. *Mappe Parassitologiche* 2007 Vol.8 pp.181-188 ref.31 <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20083097531>
75. Tolnai, Z., Széll, Z., Sproch, Á., Szeredi, L., & Sréter, T. (2014). *Dirofilaria immitis*: an emerging parasite in dogs, red foxes and golden jackals in Hungary. *Veterinary parasitology*, 203(3-4), 339-342. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.04.004>
76. Pónyai, K., Wikonkál, N., Bottlik, G., Hársing, J., Kucsera, I., Horváth, A., & Kárpáti, S. (2006). *Dirofilaria repens* infection case in Hungary: a case report. *JDDG: Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*, 4(12), 1051-1053. <https://doi.org/10.1111/j.1610-0387.2006.06056.x>
77. Szénási, Z., Kovács, A. H., Pampiglione, S., Fioravanti, M. L., Kucsera, I., Tanczos, B., & Tiszlavicz, L. (2008). Human dirofilariosis in Hungary: an emerging zoonosis in central Europe. *Wiener Klinische Wochenschrift*, 120(3-4), 96-102. <https://doi.org/10.1007/s00508-008-0928-2>
78. Kucsera, I., & Szénási, Z. (2009). Human *Dirofilaria repens* infection in Hungary. *Second European Dirofilaria Days*, 175-184.
79. Jacsó, O., Mándoki, M., Majoros, G., Pétsch, M., Mortarino, M., Genchi, C., & Fok, E. (2009). First autochthonous *Dirofilaria immitis* (Leidy, 1856) infection in a dog in Hungary. *Helminthologia*, 46(3), 159-161. <https://doi.org/10.2478/s11687-009-0030-y>
80. Zitra, C., Kocziha, Z., Pinneyi, S., Harl, J., Kieser, K., Laciny, A., és mtsai (2015). Screening blood-fed mosquitoes for the diagnosis of filarioid helminths and avian malaria. *Parasites & Vectors*, 8(1), 1-6. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0637-4>
81. Trájer, A. J., Hammer, T., & Rengei, A. (2015). Trapping blood-feeding mosquitoes (Diptera: Culicidae) in the first lethal canine dirofilariosis site in Szeged, Hungary. *Folia entomologica hungarica*, 76, 251-258. <https://doi.org/10.17112/FoliaEnt-Hung.2015.76.251>
82. Trájer, A., Rengei, A., Farkas-Iványi, K., & Bede-Fazekas, Á. (2016). Impacts of urbanisation level and distance from potential natural mosquito breeding habitats on the abundance of canine dirofilariosis. *Acta Veterinaria Hungarica*, 64(3), 340-359. <https://doi.org/10.1556/004.2016.032>
83. Szénási, Z., Vass, A., Melles, M., Kucsera, I., Danko, J., Csohán, A., & Krisztalovics, K. (2003). Malaria in Hungary: origin, current state and principles of prevention. *Orvosi hetilap*, 144(21), 1011-1018.
84. Trájer, A. J. (2018). Kurgans as indicators of co-existence between *Anopheles atroparvus* van Thiel, 1927 (Diptera: Culicidae) and ancient human populations in the Hungarian Great Plain. *Ethnoentomology* 2018; 2: 5-13.

85. Lőrincz, F. (1981). The past and present of malaria in Hungary: some recollections. *Parasitologia Hungarica*, 14, 13-16.
86. Lőrincz, F. (1937). Malaria in Hungary. *Rivista di Malariologia*, 16(6).
87. Kurucz, K., Kepner, A., Krtinic, B., Hederics, D., Foldes, F., Brigetta, Z., et al (2018). Blood-meal analysis and avian malaria screening of mosquitoes collected from human-inhabited areas in Hungary and Serbia. *J. Eur. Mosq. Control Assoc.*, 36, 3-13.
88. Garamszegi, L. Z. (2011). Climate change increases the risk of malaria in birds. *Global Change Biology*, 17(5), 1751-1759. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02346.x>
89. Trájer, A. J. (2018). Which mosquitoes (Diptera: Culicidae) are candidates for DNA extraction in forensic practice? *Journal of forensic and legal medicine*, 58, 183-191. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2018.07.002>
90. Trájer, A. J., & Hammer, T. (2018). Expected changes in the length of *Anopheles maculipennis* (Diptera: Culicidae) larva season and the possibility of the re-emergence of malaria in Central and Eastern Europe and the North Balkan region. *Időjárás/Quarterly Journal of The Hungarian Meteorological Service*, 122(2), 159-176.
91. Trájer, A., & Hammer, T. (2016). Climate-based seasonality model of temperate malaria based on the epidemiological data of 1927–1934, Hungary. *Időjárás/Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 120(3), 331-351.
92. Trájer, A. J. (2020). The changing risk patterns of *Plasmodium vivax* malaria in Greece due to climate change. *International Journal of Environmental Health Research*, 1-26. <https://doi.org/10.1080/09603123.2020.1793918>
93. Trájer, A., Farkas-Iványi, K., & Padisák, J. (2015). Area-based historical modeling of the effects of the river bank regulation on the potential abundance of eleven mosquito species in the River Danube between Hungary and Slovakia. *Advances in Oceanography and Limnology*. <https://doi.org/10.4081/aiol.2015.5439>
94. Csete, M., Pálvölgyi, T., & Szendrő, G. (2013). Assessment of climate change vulnerability of tourism in Hungary. *Regional Environmental Change*, 13(5), 1043-1057. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0417-7>
95. Platonov, A. E., Fedorova, M. V., Karan, L. S., Shopenskaya, T. A., Platonova, O. V., & Zhuravlev, V. I. (2008). Epidemiology of West Nile infection in Volgograd, Russia, in relation to climate change and mosquito (Diptera: Culicidae) bionomics. *Parasitology Research*, 103(1), 45-53. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-1050-0>
96. Paz, S. (2015). Climate change impacts on West Nile virus transmission in a global context. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1665), <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0561>
97. Erdélyi, K., Ursu, K., Ferenczi, E., Szeredi, L., Rátz, F., Skáre, J., & Bakonyi, T. (2007). Clinical and pathologic features of lineage 2 West Nile virus infections in birds of prey in Hungary. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 7(2), 181-188. <https://doi.org/10.1089/vbz.2006.0586>
98. Kutasi, O., Bakonyi, T., Lecollinet, S., Biksi, I., Ferenczi, E., Bahuon, C., et al. (2011). Equine encephalomyelitis outbreak caused by a genetic lineage 2 West Nile virus in Hungary. *Journal of veterinary internal medicine*, 25(3), 586-591. <https://doi.org/10.1111/j.1939-1676.2011.0715.x>
99. Bakonyi, T., Ferenczi, E., Erdélyi, K., Kutasi, O., Csörgő, T., Seidel, B., és mtsai (2013). Explosive spread of a neuroinvasive lineage 2 West Nile virus in Central Europe, 2008/2009. *Veterinary microbiology*, 165(1-2), 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.03.005>
100. Hinckley, A. F., O'Leary, D. R., & Hayes, E. B. (2007). Transmission of West Nile virus through human breast milk seems to be rare. *Pediatrics*, 119(3), e666-e671. <https://doi.org/10.1542/peds.2006-2107>
101. Trájer, A. J., Bede-Fazekas, Á., Bobvos, J., & Páldy, A. (2014). Seasonality and geographical occurrence of West Nile fever and distribution of Asian tiger mosquito. *Időjárás/Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service*, 118(1), 19-40.
102. Huldén, L., & Huldén, L. (2009). The decline of malaria in Finland—the impact of the vector and social variables. *Malaria Journal*, 8(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-8-94>
103. Paz, S., Malkinson, D., Green, M. S., Tsioni, G., Papa, A., Danis, K., et al. (2013). Permissive summer temperatures of the 2010 European West Nile fever upsurge. *PloS one*, 8(2), e56398. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056398>
104. Paz, S. (2006). The West Nile Virus outbreak in Israel (2000) from a new perspective: the regional impact of climate change. *International journal of environmental health research*, 16(1), 1-13. <https://doi.org/10.1080/09603120500392400>

105. Trájer, A.J. (2017). Meteorological conditions associated with West Nile fever incidences in Mediterranean and continental climates in Europe. *IDOJARAS*, 121(3), 303-328.
106. Trájer, A. J. (2018). A klímaváltozás várható hatásai a szúnyog vektorok szaporodási körülményeire: előny vagy hátrány? Modellkísérlet. *Egészségtudomány*, 2018 (1-2), 85-107. <http://egeszsegtudomany.higienikus.hu/cikk/2018-1-2/EgTud.2018.1-2.85.pdf>
107. Seidel, B., Nowotny, N., Bakonyi, T., Allerberger, F., & Schaffner, F. (2016). Spread of *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in Austria, 2011–2015, and first records of the subspecies for Hungary, 2012, and the principality of Liechtenstein, 2015. *Parasites & vectors*, 9(1), 356. <https://doi.org/10.1186/s13071-016-1645-8>
108. Sáringer-Kenyeres, M., Bauer, N., & Kenyeres, Z. (2020). Active dispersion, habitat requirements and human biting behaviour of the invasive mosquito *Aedes japonicus japonicus* (Theobald, 1901) in Hungary. *Parasitology Research*, 119(2), 403-410. <https://doi.org/10.1007/s00436-019-06582-6>
109. Kurucz, K., Kiss, V., Zana, B., Schmieder, V., Kepner, A., Jakab, F., & Kemenesi, G. (2016). Emergence of *Aedes koreicus* (Diptera: Culicidae) in an urban area, Hungary, *Parasitology Research*, 115(12), 4687-4689. <https://doi.org/10.1007/s00436-016-5229-5>
110. Scholte, E. J., & Schaffner, F. (2007). 14. Waiting for the tiger: establishment and spread of the *Aedes albopictus* mosquito in Europe. *Emerging pests and vector-borne diseases in Europe*, 1, 241. https://www.researchgate.net/publication/303178129_14_Waiting_for_the_tiger_establishment_and_spread_of_the_Aedes_albopictus_mosquito_in_Europe
111. Klobučar, A., Merdić, E., Benić, N., Baklaić, Ž. L., & Krčmar, S. A. (2006). First record of *Aedes albopictus* in Croatia. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 22(1), 147-148. [https://doi.org/10.2987/8756-971X\(2006\)22\[147:FROAAI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.2987/8756-971X(2006)22[147:FROAAI]2.0.CO;2)
112. Trájer, A. J., Tánzos, B., Hammer, T., Bede-Fazekas, Á., Ranvig, K. A., & Padisák, J. (2017). The complex investigation of the colonization potential of *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) in the South Pannonian Ecoregion. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(1), 275-298. https://doi.org/10.15666/aeer/1501_275298
113. Trájer, A., Hammer, T., Kacsala, I., Tánzos, B., Bagi, N., & Padisák, J. (2017). Decoupling of active and passive reasons for the invasion dynamics of *Aedes albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae): comparisons of dispersal history in the Apennine and Florida peninsulas. *Journal of Vector Ecology*, 42(2), 233-242. <https://doi.org/10.1111/jvec.12263>
114. Scholte, E. J., Jacobs, F., Linton, Y. M., Dijkstra, E., Fransen, J., & Takken, W. (2007). First record of *Aedes (Stegomyia) albopictus* in the Netherlands. *Eur Mosq Bull*, 22(5), 9.
115. Ready, P. D. (2008). Leishmaniasis emergence and climate change. *Rev Sci Tech*, 27(2), 399-412. <https://doi.org/10.20506/rst.27.2.1803>
116. Maia, C., & Cardoso, L. (2015). Spread of *Leishmania infantum* in Europe with dog travelling. *Veterinary parasitology*, 213(1-2), 2-11. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2015.05.003>
117. Trájer, A. J., Hammer, T., & Padisák, J. (2018). Reflection of the Neogene–Quaternary phylogeography in the recent distribution limiting climatic factors of eight Mediterranean *Phlebotomus* species (Diptera: Psychodidae). *Journal of Natural History*, 52(27-28), 1763-1784. <https://doi.org/10.1080/00222933.2018.1485981>
118. Trájer, A. J., & Sebestyén, V. (2019). The changing distribution of *Leishmania infantum* Nicolle, 1908 and its Mediterranean sandfly vectors in the last 140 yrs. *Scientific reports*, 9(1), 1-15. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-48350-7>
119. Farkas, R., Tánzos, B., Bongiorno, G., Maroli, M., De-reure, J., & Ready, P. D. (2011). First surveys to investigate the presence of canine leishmaniasis and its phlebotomine vectors in Hungary. *Vector-borne and zoonotic diseases*, 11(7), 823-834. <https://doi.org/10.1089/vbz.2010.0186>
120. Trájer, A. J. (2017). Checklist, distribution maps, bibliography of the Hungarian *Phlebotomus* (Diptera: Psychodidae) fauna complementing with the climate profile of the recent sandfly distribution areas in Hungary. *Folia faunistica Slovaca*, 22(1). https://www.researchgate.net/publication/313023751_Checklist_distribution_maps_bibliography_of_the_Hungarian_Phlebotomus_Diptera_Psychodidae_fauna_complementing_with_the_climate_profile_of_the_recent_sandfly_distribution_areas_in_Hungary
121. Tánzos, B., Balogh, N., Király, L., Biksi, I., Szeredi, L., Gyurkovsky, M., és mtsai (2012). First record of autochthonous canine leishmaniasis in Hungary. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 12(7), 588-594. <https://doi.org/10.1089/vbz.2011.0906>

122. Trájer, A. J., Bede-Fazekas, Á., Hufnagel, L., Horváth, L., & Bobvos, J. (2013). The effect of climate change on the potential distribution of the European *Phlebotomus* species. *Applied Ecology and Environmental Research*, 11(2), 189-208. https://doi.org/10.15666/aeer/1102_189208
123. Trájer, A., Tánczos, B., Hammer, T., & Padisák, J. (2018). Solar radiation and temperature conditions as the determinants of occurrence of *Phlebotomus neglectus* Tonnoir (Diptera: psychodidae). *Journal of the Entomological Research Society*, 20(2), 13-27. https://www.researchgate.net/publication/326607005_Solar_Radiation_and_Temperature_Conditions_as_the_Determinants_of_Occurrence_of_Phlebotomus_neglectus_Tonnoir_Diptera_Psychodidae#fullTextFileContent
124. Trájer és mtsai (2014B): Trájer, A. J., Mlinárik, L., Juhász, P., & Bede-Fazekas, Á. (2014). The combined impact of urban heat island, thermal bridge effect of buildings and future climate change on the potential overwintering of *Phlebotomus* species in a Central European metropolis. *Applied Ecology and Environmental Research*, 12(4), 887-908. https://doi.org/10.15666/aeer/1204_887908
125. Bede-Fazekas, Á., & Trájer, A. J. (2015). Potential urban distribution of *Phlebotomus mascittii* Grassi and *Phlebotomus neglectus* Tonn. (Diptera: psychodidae) in 2021–50 in Budapest, Hungary. *Journal of vector borne diseases*, 52(3), 213-218.
126. Trájer, A. J. (2019). The potential impact of climate change on the seasonality of *Phlebotomus neglectus*, the vector of visceral leishmaniasis in the East Mediterranean region. *International Journal of Environmental Health Research*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/09603123.2019.1702150>
127. Bown, K. J., Lambin, X., Telford, G. R., Ogden, N. H., Telfer, S., Woldehiwet, Z., & Birtles, R. J. (2008). Relative importance of *Ixodes ricinus* and *Ixodes trianguliceps* as vectors for *Anaplasma phagocytophilum* and *Babesia microti* in field vole (*Microtus agrestis*) populations. *Applied and environmental microbiology*, 74(23), 7118-7125. <https://doi.org/10.1128/AEM.00625-08>
128. Kjemtrup, A. M., & Conrad, P. A. (2000). Human babesiosis: an emerging tick-borne disease. *International journal for parasitology*, 30(12-13), 1323-1337. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(00\)00137-5](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(00)00137-5)
129. Földvári, G., Hell, E., & Farkas, R. (2005). *Babesia canis canis* in dogs from Hungary: detection by PCR and sequencing. *Veterinary parasitology*, 127(3-4), 221-226. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.10.016>
130. Farkas, R., Takács, N., Hornyák, Á., Nachum-Biala, Y., Hornok, S., & Baneth, G. (2015). First report on *Babesia cf. microti* infection of red foxes (*Vulpes vulpes*) from Hungary. *Parasites & vectors*, 8(1), 55. <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0660-5>
131. Kálmán, D., Sréter, T., Széll, Z., & Egyed, L. (2003). *Babesia microti* infection of anthropophilic ticks (*Ixodes ricinus*) in Hungary. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 97(3), 317-319. <https://doi.org/10.1179/000349803235002272>
132. Máthé, Á., Vörös, K., Papp, L., & Reiczigel, J. (2006). Clinical manifestations of canine babesiosis in Hungary (63 cases). *Acta Veterinaria Hungarica*, 54(3), 367-385. <https://doi.org/10.1556/avet.54.2006.3.7>
133. Sréter, T., Széll, Z., & Varga, I. (2005). Spatial distribution of *Dermacentor reticulatus* and *Ixodes ricinus* in Hungary: evidence for change? *Veterinary parasitology*, 128(3-4), 347-351. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2004.11.025>
134. Gray, J. S., Dautel, H., Estrada-Peña, A., Kahl, O., & Lindgren, E. (2009). Effects of climate change on ticks and tick-borne diseases in Europe. *Interdisciplinary perspectives on infectious diseases*, 2009. <https://doi.org/10.1155/2009/593232>
135. Hornok, S., Edelhofer, R., Szotáczky, I., & Hajtós, I. (2006). *Babesia divergens* becoming extinct in cattle of Northeast Hungary: new data on the past and present situation. *Acta Veterinaria Hungarica*, 54(4), 493-501. <https://doi.org/10.1556/AVet.54.2006.4.7>
136. Li, S., Juhász-Horváth, L., Trájer, A., Pintér, L., Rounsevell, M. D. A., & Harrison, P. A. (2018). Lifestyle, habitat and farmers' risk of exposure to tick bites in an endemic area of tick-borne diseases in Hungary. *Zoonoses and public health*, 65(1), e248-e253. <https://doi.org/10.1111/zph.12413>
137. Trájer, A., Bobvos, J., Páldy, A., & Krisztalovics, K. (2013). Association between incidence of Lyme disease and spring-early summer season temperature changes in Hungary-1998-2010. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 20(2).
138. Trájer, A., Bobvos, J., Krisztalovics, K., & Páldy, A. (2013). Regional differences between ambient temperature and incidence of Lyme disease in Hungary. *Időjárás*, 117(1), 175-186.
139. Trájer, A., Bede-Fazekas, Á., Hufnagel, L., Bobvos, J., & Páldy, A. (2014). The paradox of the binomial *Ixodes ricinus* activity and the observed unimodal Lyme borreliosis season in Hungary. *International*

- journal of environmental health research, 24(3), 226-245. <https://doi.org/10.1080/09603123.2013.807329>
140. Nah, K., Bede-Fazekas, Á., Trájer, A. J., & Wu, J. (2020). The potential impact of climate change on the transmission risk of tick-borne encephalitis in Hungary. *BMC Infectious Diseases*, 20(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12879-019-4734-4>
141. Zöldi, V., Juhász, A., Nagy, C., Papp, Z., & Egyed, L. (2013). Tick-borne encephalitis and Lyme disease in Hungary: the epidemiological situation between 1998 and 2008. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 13(4), 256-265. <https://doi.org/10.1089/vbz.2011.0905>
142. Rizzoli, A., Silaghi, C., Obiegala, A., Rudolf, I., Hubálek, Z., Földvári, G., és mtsai (2014). *Ixodes ricinus* and its transmitted pathogens in urban and peri-urban areas in Europe: new hazards and relevance for public health. *Frontiers in public health*, 2, 251. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2014.00251>
143. Luber, G., & McGeehin, M. (2008). Climate change and extreme heat events. *American journal of preventive medicine*, 35(5), 429-435. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2008.08.021>
144. Bobvos, J., Fazekas, B., & Paldy, A. (2015). Assessment of heat-related mortality in Budapest from 2000 to 2010 by different indicators. *Időjárás*, 119(2), 143-158.
145. Peng, R. D., Bobb, J. F., Tebaldi, C., McDaniel, L., Bell, M. L., & Dominici, F. (2011). Toward a quantitative estimate of future heat wave mortality under global climate change. *Environmental health perspectives*, 119(5), 701-706. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002430>
146. Mitchell, D., Heaviside, C., Vardoulakis, S., Huntingford, C., Masato, G., Guillod, B. P., és mtsai (2016). Attributing human mortality during extreme heat waves to anthropogenic climate change. *Environmental Research Letters*, 11(7), <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/7/074006>
147. Bobvos, J., Malnasi, T., Rudnai, T., Cserbik, D., & Paldy, A. (2017). The effect of climate change on heat-related excess mortality in Hungary at different area levels. *Időjárás*, 121(1), 43-62.
148. Páldy, A., Bobvos, J., Vámos, A., Kovats, R. S., & Hajat, S. (2005). The effect of temperature and heat waves on daily mortality in Budapest, Hungary, 1970–2000. In *Extreme weather events and public health responses* (pp. 99-107). Springer, Berlin, Heidelberg.
149. Páldy, A., Juhasz, A., Bobvos, J., & Nagy, C. (2011). Modelling of the association of health impacts of exposure to 2007-heatwave and the effect modifiers at small area level in Hungary. *Environmental health perspectives*. <https://doi.org/10.1289/isee.2011.00266>
150. Anderson, G. B., & Bell, M. L. (2011). Heat waves in the United States: mortality risk during heat waves and effect modification by heat wave characteristics in 43 US communities. *Environmental health perspectives*, 119(2), 210-218. <https://doi.org/10.1289/ehp.1002313>
151. Zacharias, S., Koppe, C., & Mücke, H. G. (2015). Climate change effects on heat waves and future heat wave-associated IHD mortality in Germany. *Climate*, 3(1), 100-117. <https://doi.org/10.3390/cli3010100>
152. Kim, D. W., Deo, R. C., Chung, J. H., & Lee, J. S. (2016). Projection of heat wave mortality related to climate change in Korea. *Natural Hazards*, 80(1), 623-637. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1987-0>
153. Seppanen, O., Fisk, W. J., & Lei, Q. H. (2006). Effect of temperature on task performance in office environment. https://escholarship.org/content/qt45g4n3rv/qt45g4n3rv_noSplash_1569a03931a-09a7acd6264174e934920.pdf?t=li58yl URL: <https://escholarship.org/content/qt45g4n3rv/qt45g4n3rv.pdf>
154. Nemzeti Munkaügyi Hivatal Munkavédelmi és Munkaügyi Igazgatóság. URL: https://www.napi.hu/magyar_vallalatok/igy_halhat_bele_ha_a_hosegben_dolgozik.582306.html
155. Nerbass, F. B. – Pecoits-Filho, R. – Clark, W. F. – Sontrop, J. M. – McIntyre, C. W. – Moist L. (2017) Occupational Heat Stress and Kidney Health: From Farms to Factories. *Kidney Int Rep.* 2(6). 998–1008. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2017.08.012>
156. Sachindra, D. A., Ng, A. W. M., Muthukumaran, S., & Perera, B. J. C. (2016). Impact of climate change on urban heat island effect and extreme temperatures: a case-study. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 142(694), 172-186. <https://doi.org/10.1002/qj.2642>
157. Dian, C., Pongrácz, R., Dezső, Z., & Bartholy, J. (2020). Annual and monthly analysis of surface urban heat island intensity with respect to the local climate zones in Budapest. *Urban Climate*, 31, <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100573>
158. Analitis, A., De’Donato, F., Scortichini, M., Lanki, T., Basagana, X., Ballester, F., és mtsai (2018). Synergistic effects of ambient temperature and air pol-

- lution on health in Europe: results from the PHASE project. *International journal of environmental research and public health*, 15(9), 1856. <https://doi.org/10.3390/ijerph15091856>
159. Trájer, A. J., Nagy, G., & Domokos, E. (2019). Exploration of the heterogeneous effect of climate change on ozone concentration in an urban environment. *International journal of environmental health research*, 29(3), 276-289. <https://doi.org/10.1080/09603123.2018.1539703>
160. Chapman, D. S., Makra, L., Albertini, R., Bonini, M., Páldy, A., Rodinkova, V., és mtsai (2016). Modelling the introduction and spread of non-native species: International trade and climate change drive ragweed invasion. *Global Change Biology*, 22(9), 3067-3079. <https://doi.org/10.1111/gcb.13220>
161. Vörös K, Kói T, Magyar D, Rudnai P, Páldy A.: [The influence of air pollution on respiratory allergies, asthma and wheeze in childhood in Hungary](https://doi.org/10.23736/S0026-4946.19.05466-5). *Minerva Pediatr.* 2019 Mar 21. [https://DOI: 10.23736/S0026-4946.19.05466-5](https://doi.org/10.23736/S0026-4946.19.05466-5)
162. Matyasovszky, I., Makra, L., Tusnády, G., Csépe, Z., Nyúl, L. G., Chapman, D. S., és mtsai (2018). Biogeographical drivers of ragweed pollen concentrations in Europe. *Theoretical and Applied Climatology*, 133(1-2), 277-295. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2184-8>
163. Cunze, S., Leiblein, M. C., & Tackenberg, O. (2013). Range expansion of *Ambrosia artemisiifolia* in Europe is promoted by climate change. *ISRN Ecology*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/610126>
164. Makra, L., Matyasovszky, I., Tusnády, G., Wang, Y., Csépe, Z., Bozóki, Z., és mtsai (2016). Biogeographical estimates of allergenic pollen transport over regional scales: Common ragweed and Szeged, Hungary as a test case. *Agricultural and Forest Meteorology*, 221, 94-110. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.02.006>
165. Hatzipapas, P., Kalosak, K., Dara, A., & Christias, C. (2002). Spore germination and appressorium formation in the entomopathogenic *Alternaria alternata*. *Mycological Research*, 106(11), 1349-1359. <https://doi.org/10.1017/S0953756202006792>
166. Skjøth, C. A., Damialis, A., Belmonte, J., De Linares, C., Fernández-Rodríguez, S., Grinn-Gofroń, A., és mtsai (2016). *Alternaria* spores in the air across Europe: abundance, seasonality and relationships with climate, meteorology and local environment. *Aerobiologia*, 32(1), 3-22. <https://doi.org/10.1007/s10453-016-9426-6>
167. Baloch, R. M., Maesano, C. N., Christoffersen, J., Banerjee, S., Gabriel, M., Csobod, É., és mtsai (2020). Indoor air pollution, physical and comfort parameters related to schoolchildren's health: Data from the European SINPHONIE study. *Science of The Total Environment*, 139870. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139870>
168. Trájer és Páldy (2008A): Trájer, A. J., Páldy, A. (2008). Az általános felmelegedés gyógyszerterapeutikai vonatkozásai. *Egészségtudomány* 52 (2008/2), 47-55 http://real-j.mtak.hu/10869/2/EGESZSEGTUD_2008_2.pdf
169. Trájer és Páldy (2008B): Trájer, A. J., Páldy, A. (2008). Az általános felmelegedés kliniko-farmakológiai vonatkozásai. *Egészségtudomány* 52 (2008/2), 37-46. http://real-j.mtak.hu/10869/2/EGESZSEGTUD_2008_2.pdf
170. Berry, H. L., Bowen, K., & Kjellstrom, T. (2010). Climate change and mental health: a causal pathways framework. *International journal of public health*, 55(2), 123-132. <https://doi.org/10.1007/s00038-009-0112-0>
171. Cunsolo, A., & Ellis, N. R. (2018). Ecological grief as a mental health response to climate change-related loss. *Nature Climate Change*, 8(4), 275. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0092-2>
172. Obradovich, N., Migliorini, R., Paulus, M. P., & Rahn, I. (2018). Empirical evidence of mental health risks posed by climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(43), 10953-10958. <https://doi.org/10.1073/pnas.1801528115>
173. COP24 special report: health and climate change. Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/276405/9789241514972-eng.pdf?ua=1>
174. https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0007/341944/OstravaDeclaration_SIGNED.pdf
175. ANNEX 1. COMPENDIUM OF POSSIBLE ACTIONS TO ADVANCE THE IMPLEMENTATION OF THE OSTRAVA DECLARATION https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0008/341945/Annex1_13June.pdf
176. A 2018–2030 közötti időszakra vonatkozó, 2050-ig tartó időszakra is kitekintést nyújtó második Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia, a 23/2018. (X. 31.) OGY határozat melléklete https://nakfo.mbfisz.gov.hu/sites/default/files/files/N%C3%89S_Ogy%20%C3%A1ltal%20elfogadott.PDF