

Trájer Attila^{1,2} – Bede-Fazekas Ákos³ – Juhász Péter⁴ – Mlinárik Lilla⁴¹ Pannon Egyetem, Limnológiai Intézeti Tanszék² MTA-PE Limnológiai Kutatócsoport³ Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti Kar, Kert- és Szabadtér Tervezési Tanszék⁴ Budapest Műszaki Egyetem, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

A klímaváltozás és a városi hősziget-effektus együttes hatása a lepkeszűnyog-fajok által terjesztett emberi megbetegedésekre

A Leishmaniasis az egyik legfontosabb, jelenleg gyorsan emelkedő esetszámot mutató, ízeltlábú vektorok által terjesztett betegségcsoport a Földön. A bántalmat okozó egysejtű paraziták átviteléért felelős lepkeszűnyog-fajok (Phlebotomus spp.) jelenlegi geográfiai elterjedését a mérsékelt égöv alatt a téli minimum hőmérsékletek limitálják. Ugyanakkor a városi hősziget-effektus, az épületek hő-emissziója a hőhidakban vagy a jövőben várhatóan melegedő éghajlat a klímaváltozás következményeként megfelelő környezetet teremthet a Phlebotomus fajok megtelepedéséhez e régiókban is. Jelen cikkünk részben korábbi vizsgálatainkon alapul, melyekben a hőhidak, a városi hősziget-effektus és a klímaváltozás, egyes mediterrán dísznövények és a legfontosabb lepkeszűnyog fajok vagy a klímaváltozás hatására módosuló lepkeszűnyog elterjedési területeket modelleztük. Vizsgálataink során kimutattuk, hogy a hőhidak hőmérséklete 3–7 °C-kal magasabb lehet, mint a levegőhőmérséklet az azonos időpontokban, továbbá az antropogén hőemisszió mellett is a jelenben hőszennyezett, de nem fűtött épületekben vagy természetes üregekben van mód a honos lepkeszűnyog fajok áttelelésére Magyarországon. A városi hősziget-hatás kézenfekvő magyarázatot adhat arra, hogy a Phlebotomus ariasi legészakabbi előfordulása miért éppen Párizs, a Phlebotomus neglectus elterjedése pedig miért Budapest agglomerációjában található Európában.

Bevezetés

A Föld trópusi és szubtrópusi területein a Leishmaniasis, a malária, a Dengue-láz és hasonló, lepkeszűnyogok és szűnyogok által terjesztett, úgynevezett vektorális / vektorok által terjesztett betegségek (angolul: 'vector-borne diseases') igen komoly egészségterhet rónak a lakosságra. Matematikai értelemben a „vektor” egy nagysággal és iránnyal rendelkező szakasz, amit a parazitológia, epidemiológia képviselői

vélhetően először metaforikus értelemben használtak, mára meghonosodott szakkifejezéssé vált. A hasonlat nagyon szemléletes, mivel valóban egy irányított folyamatról van szó: potenciálisan megbetegedést eredményezni képes ágenseknek az 'A' szervezetből a 'B' szervezetbe jutása történik a folyamat során. Az úgynevezett biológiai vektorok szerepe azonban nemcsak az átvitelben van, hanem jelentőségüket az is adja, hogy a (tágabb értelemben vett) paraziták egyedfejlődésének fontos szakasza(i) zajlanak a vektorok szervezetén belül. Jó példa erre a *Plasmodium*ok, azaz a malária kórokozóinak egyedfejlődése a szúnyogok szervezetén belül, ahol is sporozoita, oocisza, ookineta, gaméta, zigóta egyedfejlődési stádiumokkal találkozhatunk. Eszerint a biológiai vektorok abban különböznek a passzív szállítóként viselkedő úgynevezett mechanikai vektoroktól, hogy a kórokozók egyedfejlődése szempontjából elengedhetetlenek, szemben mondjuk egy olyan léggel, mely a lábain baktériumokat visz át egy bomló tetemről az ételekre, ezzel okozva az étel fogyasztói számára például *Salmonella*-fertőzést. A vektorok által szállított kórokozók általában sérülékenyek és többségük kifejezetten igényli, hogy a vektor közvetlenül „beoltsa” a fogadó szervezet vérkeringésébe. Ez alól is vannak kivételek, például a kullancs-encephalitis vírusa ugyan általában *Ixodes* kullancsok vérszívásával terjed, azonban hazánkban is megtörtént már, hogy nyers, fertőzött kecsketej fogyasztása révén jutott az emberi szervezetbe (Balogh és munkatársai, 2010). A vektorok szempontjából táplálkozási módjuk speciális szerveket igényel: szűrő-szívó szájszerveket (1. ábra), a potenciálisan vérforrást jelentő szervezeteket felismerő „lokátorokat” (mint amilyen például a kullancsok esetében az úgynevezett Haller-szerv) és megfelelő mozgásszerveket (kapaszkodáshoz alkalmazkodott lábak, szárnyak).



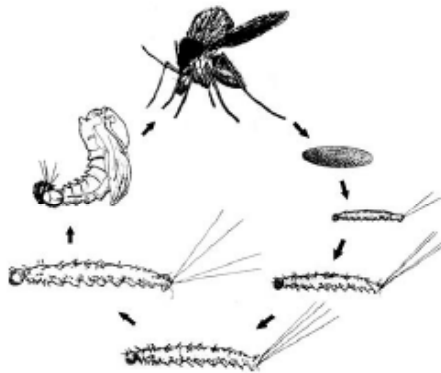
1. ábra. A *Phlebotomus aculeatus* (Lewis) Minter & Ashford fejtájéka a szűrő-szívó szájszervvel (forrás: http://wrbu.si.edu/SpeciesPages_sf/A-hab/PHaCl_A.html)

A klímaváltozás hatása a vektorokra

Klímaváltozás alatt az antropogén, jelen kori klímaváltozást értjük. A klímaváltozás hatásai a vektorokra és az általuk terjesztett betegségekre nézve igen szerteágazóak és közös vonásokon túl egyedi különbségek is tapasztalhatók. Az első és legfontosabb tény,

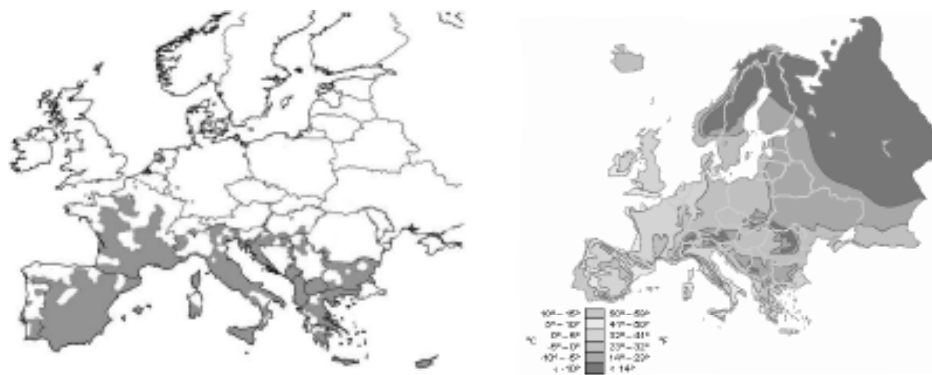
ami említést érdemel, hogy egy vektor előfordulása nem indokolja automatikusan a betegség jelenlétét is a helyi állat vagy ember populációkban. A betegség fennmaradása és abszolút száma egy adott területen számos tényező függvénye, melyeknek néhány eleme klímfüggő, mások függetlenek: (1) az affinis vektorok abszolút és relatív száma (például a maláriaszúnyogok aránya a hazai csípőszúnyog-faunában), (2) a vektorok fertőzöttségének aránya, (3) a gazdaállatok és/vagy a fertőzött emberek aránya a populációban és abszolút számuk a területen, (4) az állatok vagy az emberek fogékonysága a betegségre, (5) a kórokozók átadásának valószínűsége a fertőzött vektorok részéről táplálkozás alatt, (6) a megbetegedés lefolyásának jellemzői (például meddig fertőzőképes a megbetegedett személy, mi a betegség kimenetele? stb.), (7) az emberek szezonális aktivitása a természetben vagy a vektorok előfordulási helyén, (8) a vektorok szezonális aktivitása. Számos vektorok által terjesztett fertőzés geográfiai előfordulását potenciális vektoraik elterjedése magyarázza (például Leishmaniasis), míg másokét elsősorban a parazita klímaigényei implikálják (például a kutya szívférgességét okozó *Dirofilaria immitis* esetében, mely parazita vektorai az egész holarktiszban jelen vannak, de 14 °C átlaghőmérséklet alatt a féreg nem fejlődik). Elvileg a gazdaállatok klímaigényei is befolyásolhatják a betegség elterjedését, ami például kullancsencephalitis vagy a Lyme betegségnek az egyre északabbra vagy egyre magasabb tengerszint feletti magasságokba történő expanziója kapcsán a páros ujjú patás emlősvektorokkal kapcsolatban olykor fel is merül. Nagyon fontos, hogy az ember nem véletlenül „céltablája” oly sok vektorialis betegségnek, mivel maga a *Homo sapiens sapiens* Kelet-Afrika szavannáin alakult ki eredetileg, s néha azért olyan esendő egyes betegségekkel szemben, mert azok a mérsékelt égövben jöttek létre. Ez utóbbi esetre jó példa a kullancsok okozta agyhártyagyulladás, amely esetében a vírusfertőzést a természetes gazdaállat szerepét játszó páros ujjú patások sokkal jobban tolerálják, mint az ember.

Az eddigiek alapján már körvonalazódhatott az olvasóban, hogy a vektorok gyakorlatilag mindig ízeltlábúak, ami különösen igaz a humán egészségügyi szempontból fontos fajokra. Az ízeltlábúak alkalmasságának több oka van vektor-oldalról: (1) kis testméretük, (2) nagy egyedszámuk, (3) jelentős ökológiai rugalmasságuk, (4) változatos életmódjuk és mozgásszerveik mind arra predesztinálják az ízeltlábú csoportok képviselőit, hogy közöttük kialakuljanak betegségterjesztő fajok. Valóban: atkák, kullancsok, poloskák, bolhák, tetvek, legyek, szúnyogok és lepkeszúnyogok – a legfontosabbak a színes palettáról. Természetesen a kis testméretnek is vannak hátrányai, mint például a rossz hőhőztartás és a kiszáradás veszélye. Ezekben túlmenően a legtöbb vektor a holometabol rovarok közé tartozik, azaz egyedfejlődésük egyik szakaszában lábatlan, vékony bőrű, sérülékeny lárváik vannak, mint amilyenek a *Phlebotomus* fajok lárvái (2. ábra).



2. ábra. A lepkeszúnyogok egyedfejlődése (forrás: www.infectionandscapes.org)

A kis testméret nem teszi lehetővé az állandó testhőmérsékletű állapot kialakulását, ami a szükséges nagy energiaigény miatt egyébként sem lenne gazdaságos (lásd: az apró termetű cicák állandó táplálék-igénye). Ha fiziológiai testhőmérséklet-szabályozás nincsen, akkor fennáll a túlhevülés vagy a túlzott lehűlés veszélye, mint minden változó testhőmérsékletű szervezet esetében. A szúnyogok és lepkeszúnyogok esti, meleg nyári napok idején a kullancsok reggeli és kora esti aktivitása éppen a túlhevülés elleni védekezést szolgálja. Ugyanez az egyik fő oka annak is, hogy az ízeltlábú vektorok még a nyári éjszakákon sem aktívak, ugyanis testhőmérsékletük túlságosan lehül ilyenkor. A mérsekelt égővön a kritikus időszak azonban a tél, amikor fennáll a megfagyás lehetősége. Egyes fajok alkalmazkodtak a fagyhoz és képesek túlélni azt is, ha testhőmérsékletük 0 °C alá csökken, mások erre képtelenek és védett zugokat keresnek. Egy előtanulmányunk során hőkamrával vizsgáltuk, hogy hideg téli napokon hogyan alakul az avar vagy a faodvak, illetve a fakéreg alatti felszínének hőmérséklete, és meglepetten tapasztaltuk, hogy még ezeken a sokak által „védett” helyként számon tartott felszíneken is bőven fagyponthoz alulakul a hőmérséklet. A legjobb szigetelő hatással az avar bír, bár az avarnál a bomláshő is hozzájárul a hidegenyhítő hatáshoz. Az előadottak szerint a 0 °C-os izoterma nagy jelentőséggel bír a melegkedvelő rovarfajok elterjedése szempontjából. Ugyanez jól megfigyelhető például az európai lepkeszúnyog fajok aggregált elterjedési területének tükrében is (3. ábra, bal képrészlet), melynek északi határvonala meglehetősen pontosan követi a januári 0 °C-os izotermát (3. ábra, jobb képrészlet).



3. ábra. Bal: Az európai lepkeszúnyog fajok aggregált elterjedési területe (forrás: <http://www.ecdc.europa.eu/>). Jobb: A januári középhőmérséklet átlagos izotermavonalai Európában (forrás: www.forumbiodiversity.com)

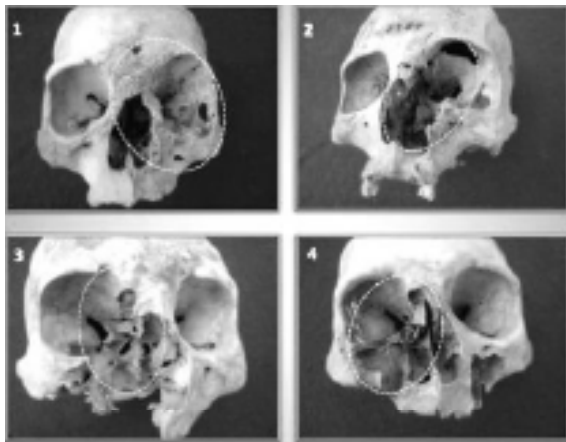
A 3. ábrával kapcsolatban meg kell jegyeznünk, hogy a nyugati és a keleti mediterrán területeken a fő lepkeszúnyog-vektorok nem azonosak. Ebből következően eltérések lehetnek az atlanti-mediterrán nyugati és a kontinentális klímához szokott kelet-mediterrán fajok klímaturése között. Az atlanti-mediterrán és a kelet-mediterrán fajok közti eltérés a növények hidegtűrésében is megmutatkozik: az eredetileg nyugat-atlanti-mediterrán elterjedésű nyugati számoócafa (*Arbutus unedo* L.) fagyűrése rosszabb, mint az elsődleges keleti mediterrán származású virágos kőris (*Fraxinus ornus* L.). Egy korábbi cikkünkben, felhasználva néhány mediterrán növény klímaigényeit, jó egyezést találtunk a lepkeszúnyog fajok és a növényfajok jelenlegi elterjedése között (Bede-Fazekas és Trájer, 2013). Egy másik közleményünkben modelleztük a legfontosabb európai lepkeszúnyog fajok klímaigényeit, melyből kiderült, hogy az egyes fajok elterjedésének fő

limitáló tényezői eltérőek. A délibb, melegkedvelő fajok esetében (például *Phlebotomus similis*) elsősorban a hideg telek jelentik a fő limitet, a hidegtűrőbb *Phlebotomus ariasi* esetén pedig főként a hűvös és csapadékos atlantikus nyarak (Trájer és mtsai, 2013).

Viszonylag újabban került az érdeklődés fókuszába az a körülmény, hogy a vektorális betegségek terjesztői erősen kötődnek az emberi települések nyújtotta állandó táplálékforráshoz (emberek, háziállatok), az állandó és temperált környezethez és főleg északon az épületek nyújtotta fagyvédelemhez. Olaszország és Görögország lépcsőházaiban megszokott látványt nyújtanak a nappal a hűvös és árnyékos falon pihenő lepkeszúnyogok, a mérsékelt övi területeken pedig a télen pajtákba, pincékbe vagy akár a lakótelepi lépcsőházakba húzódo csípőszúnyog fajok. Nem egy esetben megfigyelték, hogy egyes vektor-szerepet játszó rovarfajok legészakibb elterjedési területét nagyvárosok jelentik.

A lepkeszúnyogok és a leishmaniasis

A Föld trópusi és meleg mérsékelt-övi területein a leishmaniasis az egyik leggyorsabban terjedő, jelentős közegészségügyi problémát jelentő betegség, mintegy 12 millió fertőzött személlyel világszerte, melyből 2 millió fő esetében a manifeszt klinikai tünetek is jelentkeznek már (Naderer és mtsai, 2006; WHO, 2000). A Leishmaniasis kórokozói különböző *Leishmania* protozoonok, azaz egysejtű patogének (Killick-Kendrick, 1990). Két fajuknak van és lehet nagyobb jelentősége Európában, a *Leishmania infantum*nak és a *Leishmania tropicana*nak (Ready, 2010). Az Újvilágban *Lutzomya* fajok, az óvilági *Phlebotomus*ok közeli rokonai terjesztik a kórokozókat: prekolumbiánus, észak-chilei indián temetőkből származó, a betegség folytán erősen elroncsolt koponyák alapján a fertőzés már régtől fogva szedi áldozatait (Costa és mtsai, 2009; 4. ábra).



4. ábra. *Lutzomya* fajok terjesztette kórokozók által elroncsolt prekolumbiánus indián koponyák Észak-Chiléből (forrás: Costa és munkatársai, 2009; anthropology.net)

Fő formáit tekintve létezik cután (főként lokális bőr-laesiókkal járó), viscerális (főleg szisztémás zsigeri érintettséggel jellemezhető) és mucocután (főként bőr- és nyálkahártyafertőzést okozó típus) változat.

Az egyes kórfarmák kórokozói más *Leishmania* fajok. A jelenlegi ismeretek szerint a *Leishmania* fajok ősei a Kréta időszak folyamán palearktisz hullóiban kifejlesztették a *Sauroleishmania* fajok lehettek. A nagy testű hullófajok kihalását néhány fajuk túlélte és az emlősök harmadidőszaki radiációja alatt elterjedtek az emlősök körében is.

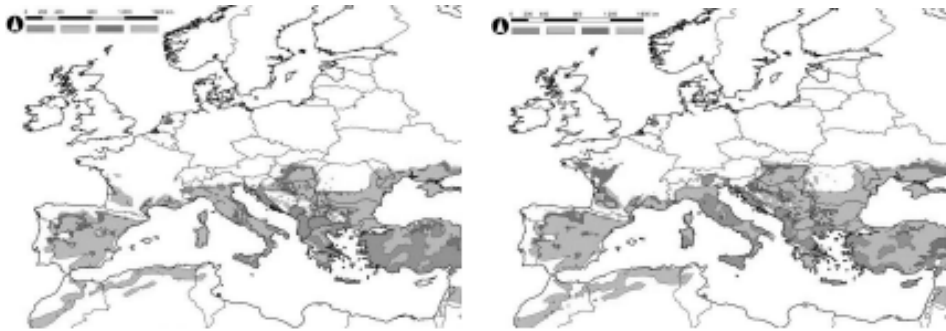
A *Phlebotomus* és *Lutzomya* fajok eredetileg is kis testű emlősökön táplálkoztak, amit az is megerősít, hogy mind a mai napig keresik a rágcsálóüregek nyújtotta biztonságot a hideg vagy a tűző Nap elől. Az ősi lepkeszúnyog fajok még az Eocén időszak során vándoroltak át az Újvilágba, pontosabban mondva a Nearktikus régióba, mivel ekkortájt Észak-Amerika nem Dél-Amerikával, hanem Ázsiával és Európával állt összeköttetésben.

A *Phlebotomus* és *Lutzomya* fajok a klíma hűlésével párhuzamosan csak az Oligocén korszakban váltak el egymástól. A panamai földhíd megnyílásával, 3 millió évvel ezelőtt – az akkor már erősen lehűlő bolygón – a még mindig meglehetősen nagy trópusi klímájú területekkel rendelkező Dél-Amerikában a *Lutzomya* fajok hatalmas új élettereket foglaltak el, amit a velük együtt beáramló rágcsáló fajok elő is segítettek (bár a honos erszényeseket is parazitálják; Kerr, 2000). A fentebb leírt, valószínű története a lepkeszúnyogoknak és a *Leishmania* parazitáknak jól illusztrálja, hogy a klíma és a változó földrajzi környezet milyen nagy hatással tud lenni a vektorok és az általuk terjesztett kórokozók elterjedésére.

Európában a leishmaniózis esetek túlnyomó többségéért a *L. infantum* faj felel, amely az embereket csak ritkán, a kutyákat annál gyakrabban betegíti meg. Emberben és állatban a bántalom, gyakran több éves tünetmentes állapotot követően, szisztémás formában jelentkezik. E hosszú lappangási idő az oka annak, hogy a kórokozót gyakran hurcolják be nem endémiás, északi országokba Dél-Európából például nyaralási/kiállítási célú utaztatás során fertőződött, egészségesnek tűnő kutyákkal. Az endémiás európai területeken fekvő városok kutya-populációiban észlelt magas leishmaniával való fertőzöttség arra utal, hogy a terjesztő vektoroknak is nagy számban jelen kell lenniük (*Tselentis* és *mtsai*, 1994; *Dantas-Torres*, 2006). Az is ismert, hogy Olaszország *Leishmania infantum*mal különösen fertőzött vidékeiben, mint amilyen például Apulia, a lepkeszúnyog fajok kifejezetten kedvelik az emberi környezetet (*Tarallo* és *mtsai*, 2010). Az egyik fontos *Leishmania* vektor, a *Phlebotomus perniciosus* Európában a vidéki, városkörnyéki és városi területek nyújtotta élőhelyek széles palettáját foglalja el (*Bettini* és *mtsai*, 1991; *Biocca* és *mtsai*, 1977; *Maroli* és *Bettini*, 1977). Szintén megállapítást nyert, hogy a *Leishmania infantum* életciklusa a jelen korban már kifejezetten peridomesztikusnak, azaz az emberi környezethez kötődőnek minősíthető. Jó példa minderre Portugália, ahol a *Leishmania* esetek a városi kutya-populációkban fordulnak elő jellemzően (*Cortes* és *mtsai*, 2007). Számos szerző valószínűsíti a Leishmaniasis és vektorainak jövőben várható terjedését, elsősorban a klímaváltozással összefüggésben. Klímamodell a legfontosabb európai fajokkal kapcsolatban a jelen szerzők tollából is megjelent már (*Trájer* és *mtsai*, 2013; *Trájer* és *mtsai*, 2014). A lepkeszúnyogok klímaváltozással összefüggő területi expanziója annak a nagyobb folyamatnak a része, mely végső soron a klímaváltozás indukálta biom-határok eltolódásának a következménye (*Pongrácz* és *mtsai*, 2011; *Bede-Fazekas*, 2012; *Garamvölgyi* és *Hufnagel*, 2013). A biomeltolódás legnyilvánvalóbb hatása a melegkedvelő fajok elterjedési területének északabbra tolódása (*Gimesi* és *mtsai*, 2012).

Az RegCM (Regional Climate Model) modell alapján készített előrejelzéseinkből két modelleredményt mutatunk be: a Magyarországon honos *Phlebotomus neglectus* és a *Phlebotomus perfiliewi* fajok úgynevezett klímaborító-modellezési technikával készült elterjedési terület-predikcióit. A klímaborító modellezés (angolul: Climate Envelope Modeling) technika lényege, hogy a fajok jelenleg megfigyelt geográfiai elterjedéséből következtetünk klímaigényeikre, elsősorban az elterjedésüket meghatározó klímálimitekre. A modellben felhasznált értékek a havi minimum, átlag és maximum hőmérsékleti és a havi csapadékátlagok voltak a referenciaidőszakként használt 1961–1990-es időszakra nézve. Eredményeink három csoportra bonthatók: (1) földrajzi akadályok miatt a lepkeszúnyog fajok elterjedése nem tölti ki a lehetséges (potenciális) elterjedési területüket, (2) a lepkeszúnyog fajok jelen elterjedése Magyarországon is kisebb, mint a lehet-

séges, így ezeken a területeken megjelenésük elvben bármikor lehetséges, továbbá (3) a jövőben a fajok északi irányú, igaz, nem túl nagy mértékű expanziója várható, főként Kelet-Közép- és Kelet-Európában (Trájer és mtsai, 2013; 5. ábra).



5. ábra. *Phlebotomus neglectus* és a *Phlebotomus perfiliewi* észlelt jelenlegi (sötét szürke mezők), a jelen klímafeltételekre modellezett (közép szürke mezők), a 2011–2070-es időszakra prediktált klímafeltételek szerint modellezett (világos szürke) potenciális elterjedési területei. Az elterjedési modell RegCM modell alapján készült (forrás: Trájer és mtsai, 2013)

Hol találkozhatunk a lepkeshúnyogokkal?

A válasz szó szerint közelebb van, mint elsőre gondolnánk. Bettini és Mellis (1988) tanulmánya szerint a lepkeshúnyogok imágó stádiumot megelőző fejlődési állapotai kellően temperált, stabil, nedves, direkt csapadéktól, napsugárzástól és szélről védett környezetet igényelnek. Ugyancsak ők mutattak rá a tényre, hogy a lepkeshúnyog-lárvák kedvelik az agyagos, szerves nitrogénben gazdag környezetet. Az imágók szintén keresik az épületek vagy romok nyújtotta védett részeket, s előszeretettel bújnak meg falrepedésekben, nedves szögletekben, almokban, fák odvaiban (Maroli és mtsai, 1994; Ascione és mtsai, 1996; Maroli és Khoury, 1998). A *Phlebotomus sergenti* fajról ismert, hogy ezen kívül barlangokban és rágcsálólukakban is megtalálják életfeltételeit (Moncz és mtsai 2012). Sőt, természeti környezetben akár a lehullott avarban is élhetnek a lárvák, mint az a *Phlebotomus perfiliewi*, *Phlebotomus major*, *Phlebotomus papatasi* fajok esetében tudott (Hanson, 1961; Vanni, 1940). Feltehetjük a kérdést, hogy az épített emberi környezet egészen pontosan hol nyújt megfelelő életteret az igencsak érzékenynek tűnő lepkeshúnyog-lárvák számára? Nos, Killick-Kendrick (1987a, 1987b) és Naucke (2002) tanulmányai szerint erre kiváló lehetőséget nyújtanak a mediterrán területeken például a falrepedések. Bármilyen más védett és nedves beszögellés, árnyékos házsarok csatornával megfelelő életteret biztosíthat a lárvák fejlődéséhez és a kiszáradásra ugyancsak érzékeny imágók számára. Kamhawi és munkatársai (1991) a lepkeshúnyogok legnagyobb populációit elhagyott és lakott épületekből gyűjtötték.

Néha egészen meglepő helyeken is nagy populációik élhetnek: Bettini és munkatársai (1986a) Szardínián elhagyott, romosodó betonépületekben találtak nagy *Phlebotomus perfiliewi* kolóniát. Ennél emberi szempontból nézve azonban kellemetlenebb, hogy Dantas-Torres és munkatársai (2010) egy erősen városiasodott területen, óvárosi terület mellős közepén egy régi, de használt épület második emeletén találtak rá a *Phlebotomus papatasi* nem is kis számú példányaira. Azonban ne gondoljunk csak az árnyékos folyosókra, a Dantas-Torresék által megfigyelt lepkeshúnyog populációk tagjai jól érezték

magukat a fürdőszobában és az ágyak közelében is. Ha kicsit északabbra, Németországba megyünk, akkor kiderül, hogy a *Phlebotomus mascittii* egyedei az emberi településeket kedvelik (Naucke és Pesson, 2000), ami Magyarországon sincs másként, például Veszprém megyében (Farkas és mtsai, 2011).

A legfőbb gazdaállatok környezetünkben a kutyák (Marty és mtsai, 2007; Shaw és mtsai, 2003), kutyák pedig mindenhol előfordulnak, ahol emberek élnek. Nem a Leishmaniasis az egyetlen vektoriális betegség, melynek fő gazdáit éppen házörzőink jelentik. A csípőszúnyogok által terjesztett *Dirofilaria immitis* parazita fonálféreg (*Nematoda*), mely a kutyák fatális szívférgességét okozza, emberben pedig főként metasztatikus tüdőtumorokra emlékeztető radiológiai képet okoz, szintén kutyákban találja meg gazdaállatait.

A lepkeszúnyog fajok hazai előfordulásából következő kérdések

A lepkeszúnyogok hazai előfordulásával kapcsolatos első, hitelt érdemlő feljegyzések 1931–32-ből származnak, amikor is Hódmezővásárhelyen a helyi gazdák arról panaszkodtak, hogy igen kellemetlenül viszkető csípéseket szenvednek kis, számukra ismeretlen rovaroktól (Szentkirályi és Lőrincz, 1932). Az első, valóban „hazai” Leishmaniasis eset „csak” 2007–2008-ból származik, amikor kutyákban figyelték meg a fertőzést, ugyanakkor lepkeszúnyogokat a fertőzött kutyák környezetében nem sikerült csapdázni (Tánczos és mtsai, 2012). Jelenleg a Dél-Alföld és a Villányi-hegység területe számít a lepkeszúnyogok fő elterjedési területeinek Magyarországon Farkas és munkatársai (2011) gyűjtési eredményei alapján.

Korábbi humán, de külföldről behurcolt esetek egyébként ismertek Magyarországról. A lepkeszúnyog fajok mai elterjedésére vonatkozóan elmondhatjuk, hogy az egész déli országrészben lehet számítani megjelenésükre. A *Phlebotomus perfliewi* és *Phlebotomus papatasi*, valamint a *Phlebotomus mascittii* és a *Phlebotomus neglectus* az ország több pontján előfordulnak. Az 6. ábra a *Phlebotomus neglectus* egy, a szerző által a Villányi-hegységben gyűjtött példányát mutatja.



6. ábra. *Phlebotomus neglectus* a szerző saját gyűjtéséből

A hazai lepkeszűnyog fajok elterjedése magyarázatra szorul, mivel jelen ismereteink szerint e fajok áttelelő lárvastádiumának hidegtűrése igencsak korlátozott. Killick-Kendrick (1987a, 1987b) szerint az európai fajok elsősorban lárvastádiumban telelnek át (7. kép).



7. ábra. *Phlebotomus perniciosus* lárvája (forrás: Parasitologia Veterinaria)

Egyrészt a lárvák fejlődéséhez elegendő páratartalom és szerves anyag szükséges (Naucke, 2002; Lindgren és mtsai, 2004), másrészt a különböző lepkeszűnyog fajok lárváinak hidegtűrése némileg eltérő: $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ *Phlebotomus perfiliewi*, *Phlebotomus neglectus*, *Phlebotomus papatasi* és *Phlebotomus mascittii*; $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ *Phlebotomus perniciosus* és $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a *Phlebotomus ariasi* esetében (Killick-Kendrick és mtsai, 1984; Killick-Kendrick, 1999; Singh, 1999; Naucke és Schmitt, 2004). A páratartalom-igény kapcsán nagyobbak az eltérések: Lindgren és munkatársai (2004) szerint a preferált páratartalom a kifejlett *Phlebotomus neglectus* és *Phlebotomus perfiliewi* esetében 60–80 százalék, a *Phlebotomus papatasi* és *Phlebotomus sergenti* számára már 45 százalék páratartalom is elegendő. A meteorológiai nedvesség indexek jó összefüggést adnak a *Phlebotomus* lárvák fejlődésének sebességével (Killick-Kendrick, 1987a; Oshagi és mtsai, 2009), az alacsony hőmérsékleti értékek és a magas csapadékmennyiség pedig a *Phlebotomus* fajok elterjedésének fő limitáló faktorai. Az ismert legészakibb elterjedési területek Európában két esetben is egy-egy főváros agglomerációjához köthetők. Így például ismert, hogy a *Phlebotomus neglectus* legészakibb elterjedése Európában az a $47^{\circ}28'$ koordinátákkal jellemezhető szélességi kör (Tánczos és mtsai 2012; VBORNET, 2012), ami nagyjából Törökbálintot jelöli, miközben a kontinens nyugati felén, mintegy tükörképeként az előbbi fajnak, a *Phlebotomus ariasi* legészakibb előfordulása magában Párizsban ($48^{\circ}51'$), illetve annak egyik külvárosában található (VBORNET, 2012; 8. ábra).



8. ábra. A *Phlebotomus neglectus* európai elterjedése (a legsötétebb szürke tónus jeleníti meg az érintett NUTS3 régiókat) (forrás: VBORNET, 2012)

Az európai *Phlebotomus* fajok és az általuk terjesztett *Leishmania* paraziták az 1. táblázatban láthatók részletesen. Megjegyzendő, hogy a *Phlebotomus mascittii* Grassi (1908) vektor szerepe jelenleg erősen kérdéses (Naucke és Pesson, 2000), ugyanakkor, mint a legtöbb fajok egyike, mindenképpen fontos.

1. táblázat. Az Európai *Phlebotomus* fajok, megjelenítve az alrendi hovatartozásukat, leírójukat és az általuk terjesztett *Leishmania* fajokat (Minter, 1989; Killick-Kendrick, 1990; WHO, 1984; Léger és mtsai, 2000 alapján). Utolsó oszlop: *Leishmania* parazitát terjeszt?: i=igen, n=nem.

Fajok	Szerzők	Előfordulás	Az átvitt <i>Leishmania</i> fajok	<i>Leishmania</i> parazitát terjeszt?
<i>Ph. ariasi</i>	Tonn.	Nyugat- mediterrán területek	<i>L. infantum</i>	i
<i>Ph. neglectus</i>	Tonn.	Kelet-mediterrán területek, Appenin-félsziget	<i>L. infantum</i>	i
<i>Ph. mascittii</i>	Grassi	Európa mérsékelt és mediterrán területei	–	i
<i>Ph. papatasi</i>	Scop.	Európa mediterrán területei	<i>L. donovani</i> , <i>L. killicki</i> , <i>L. tropica</i> , <i>L. arabica</i> , <i>L. major</i>	i
<i>Ph. perfiliewi</i>	Parrot	Kelet-mediterrán területek és Kelet-Európa egyes területei	<i>L. infantum</i>	i
<i>Ph. perniciosus</i>	Newst.	Nyugat-mediterrán területek, Appennin-félsziget	<i>L. infantum</i>	i

Fajok	Szerzők	Előfordulás	Az átvitt <i>Leishmania</i> fajok	<i>Leishmania</i> parazitát terjeszt?
<i>Ph. sergenti</i>	Parrot	Európa mediterrán területei	<i>L. tropica</i> , <i>L. major</i>	n
<i>Ph. similis</i>	Perfiliev	Albánia, Görögország, Macedónia és Törökország	<i>L. tropica</i>	n
<i>Ph. tobbi</i>	Adler, Theodor et Lourie	Kelet-mediterrán területek, Kis-Ázsia, Kaukázus	<i>L. infantum</i>	n

A hősziget- és hőhíd hatások mezoklíma- és mikroklíma-módosító szerepe

Két antropogén tényezőben, valójában egyazon jelenség két térbeli skálán megjelenő komponensében jelenik meg a hőszennyezés hatása: a városi hősziget-hatásban és az épületek hőhídjainak hatásában. Először is, mi is a városi hősziget-hatás? Az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapján található tömör, de jó összefoglalást nyújtó megállapítás szerint „A hősziget a nagyvárosokban bekövetkező mikroklimatikus jelenség. Lényege, hogy beépített városi területen a hőmérséklet szignifikánsan magasabb, mint a várost környező külvárosi és vidéki területeken”.* Valójában, ez a közép-skálájú klímamódosító hatás önmagában véve olyan jelentős, hogy klimatikus értelemben néhány száz kilométernyivel „délebbre” tudja tolni az adott nagyvárost a térképen. A hőhidak a hőszennyezés kisebb léptékű, lokális skálán jelentkező formái. Az épületek azon részén jelentkeznek, ahol a hőszigetelés mértéke a környező falfelületekéhez képest annyival kisebb – például a rosszabb szigetelés és/vagy geometriai okok folytán –, hogy az épületre egyébként is jellemző vezetési, radiációs stb. hővesztésen túl az ilyen épületrészek „forró pontként” tűnnek elő egy hőkamerás felvételen. A hősziget-hatás és a hőhidak lokális hatása, additíve helyileg hasonló nagyságrendű téli minimum-enyhítő hatással bírnak (Santamouris, 2001). A városi hősziget-hatás okai tehát a következők: (1) direkt hőszennyezés, (2a) magasabb hőretenció a felületek nem megfelelő albedója miatt (gondoljunk például a sötét színű aszfaltfelületekre), (2b) a város felett kupolaszerűen jelen lévő, üvegházgázokban és vízgőzben gazdag légréteg folytán és nem utolsósorban, (3) a növényi vegetáció párologtatásának és árnyékolásának hiánya (Bradley, 2007). A városi hősziget-hatás a következő tényezők függvénye: (1) a város nagysága, (2) a topográfia, (3) a városban található zöldfelületek aránya a beépített területek rovására, (4) a technikai színvonal, (5) az uralkodó szélirány és annak erőssége, (6) a felhasznált építőanyagok és burkolóanyagok minősége, (7) a populáció nagysága, (8) a hőszigetelés és energiagazdálkodás jellemzői (Kim és mtsai, 2004). Érdekes, hogy egészen szoros összefüggés létezik a maximális hősziget-hatás és a városi populáció nagysága között, ami ráadásul kontinensenként eltérő erősségű összefüggést mutat (Oke, 1973; Heinrich és mtsai, 2006). Nem feledkezhetünk el arról a tényről sem, hogy a városi hősziget-hatás nyáron is fennáll és igen súlyos közegészségügyi helyzetek kialakulásáért lehet felelős. Páldy és munkatársai (2005) 30 év hőhullámaikat feldolgozó vizsgálatukban kimutatták, hogy a hőmérséklet, különösen a hőhullámok idején, jelentős környezeti terhet jelent a halálozással kapcsolatban a magyar főváros lakói számára. Figyeljük meg, hogy a 2003. szeptember 16-án, az európai nagy hőhullám idején mennyivel melegebb volt London belvárosa, mint külső negyedei vagy akár a Temze! (9. ábra)

* http://www.met.hu/omsz/palyazatok_projektek/uh/



9. ábra. Hőkamerás satelit felvétel London belvárosáról, 2003. szeptember 16-án (a sötétebb szürke és fekete hidegebb, a világosabb szürke területek melegebb felszint jelentenek) (forrás: ceas.asu.edu)

Másrészt, a hősziget-hatás mértéke geometriai okoknál fogva a városcentrumban a legnagyobb (Santamouris, 2001). A budapesti hősziget-effektus számszerűsítése céljából az Aqua műhold MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) multispektrális kamerájának adatait használtuk fel. A budapesti belváros és a pesti síkság vidéki területeinek különbségével számoltunk, ami hideg januári reggeleken nagyjából (-6)–(-7) C különbséget jelent (Pongrácz és mtsai, 2006; Bartholy és mtsai, 2009; Lelovics és mtsai, 2012). A másik, lokális természetű téli minimum-csökkentő hatás, a hóhíd-effektus adatainak megszerzésénél saját méréseinkre voltunk utalva. Mielőtt erre rátérnénk, szót kell ejtenünk arról, hogy mi az alapja annak az elgondolásnak, hogy a falak és sarkok hóhídjai egyáltalán élőhelyként és áttelelőhelyként szolgálhatnak egyes lepkeszúnyog fajok számára. A nőstény lepkeszúnyogok petéiket, mint azt már a korábbiakban említettük, előszeretettel helyezik fák odvaiba, odúkba, természetes vagy mesterséges hasadékokba és repedésekbe. Ezen kívül az időjárás által kikezdett épületanyagokat is kedvelik, mivel azokban nagy mennyiségű por is felhalmozódik, jó táptalajt biztosítva a lárváknak (Shortt, 1930; Szentkirályi és Lőrincz, 1932; Yuval,

A repedések és más épülethibák megszakítják, mintegy „csupasz-szá teszük” a fal hőszigetelését, ami egyből mint hóhíd jelenik meg. A kifejezés azért is található, mert a kialakuló áramlás nem csak az adott falszakasznak a fűtött belső térből, azonos területét érő hőmennyiséget érinti, hanem hőt von el a falszakasz szomszédos térfogataiból is. Az ilyen repedések nyáron kívül hűvösebbek, télen melegebbek a környezetüknél. A hóhidak kialakulásában annak is szerepe van, hogy az izolátor réteg lényege valójában az a levegőréteg, ami a szigetelő anyag rétegei közé kerül, ami falsérülés esetén kapcsolatba kerül a kültéri légtömeggel (Binggelli, 2010).

1988), és itt értünk el ahhoz a ponthoz, hogy megértsük, milyen kapcsolatban állnak a hőhidak az épületelemek hibáival. A repedések és más épülethibák megszakítják, mintegy „csupasszá teszik” a fal hőszigetelését, ami egyből mint hőhíd jelenik meg. A kifejezés azért is található, mert a kialakuló áramlás nem csak az adott falszakasznak a fűtött belső térből, azonos területét érő hőmennyiséget érinti, hanem hőt von el a falszakasz szomszédos térfogataiból is. Az ilyen repedések nyáron kívül hűvösebbek, télen melegebbek a környezetüknél. A hőhidak kialakulásában annak is szerepe van, hogy az inzulátor réteg lényege valójában az a levegőréteg, ami a szigetelő anyag rétegei közé kerül, ami falsérülés esetén kapcsolatba kerül a kültéri légtömeggel (Binggelli, 2010).

Mindez azt jelenti, hogy a hőhidakon az éves hőingás kisebb, mint környezetükben. További jelentős hatás, hogy a nedves felületen (például ereszcsontra mögött) a szerves anyagokat tartalmazó por megkötődik (Török, 2002), valamint a felületeken vegetáció is fejlődik, ami asszimilációjával elősegíti a szervesanyag-felhalmozódást. Maga a meginduló mállás katalizálja a folyamatot, ásványi sók felszabadítása révén (Loughnan, 1969). A circulus vitiosus akkor zárul be, amikor a beinduló málladékon fejlődő baktériumok, algák és gombák a termelő szén-sav és szerves savak révén maguk is gyorsítják a mállási folyamatot (Banfield, 1999; Drever, 1997). Az így létrejövő, szerves anyagokban bővelkedő málladék jelenléte elengedhetetlen a lepkeszúnyog-lárvák fejlődése szempontjából (Killick-Kendrick, 1987a; Bettini, 1988). Az olyan penészgombák, mint az *Aspergillus versicolor* Vuillemin már 79 százalékos páratartalom mellett is fejlődnek. Összefoglalásképpen a következők miatt fontosak a jelen téma szempontjából a hőhidak: (1) klímaterapáló hatásuk van, (2) szervesanyag-felhalmozódást tesznek lehetővé.

A hősziget-hatás számszerűsítése

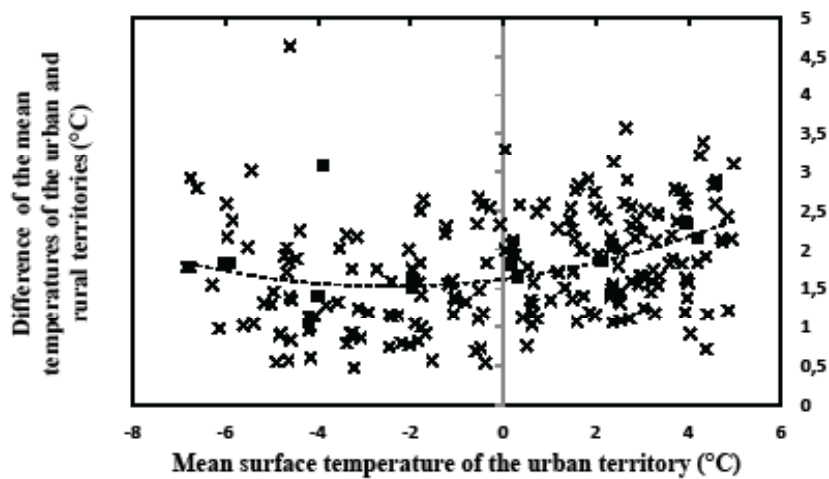
Budapest és agglomerációjának felszíni hőmérsékleti értékeit használtuk a hősziget-effektus számszerűsítése céljából az Aqua műhold mérései alapján. Mivel a nap leghidegebb szakaszára voltunk kíváncsiak, az éjszakai felvételek adatait használtuk fel a tanulmányhoz.

4900 pont adatait használtuk a 47.2208N-47.7958N szélesség és 18.6073E-19.6740E hosszúság koordináták által kijelölt rács alapján. A mérési időszak 2013. 01. 01. és 2008. 12. 31. közé esett. Az adatok kevesebb, mint 20 százaléka hiányzott az elemzéshez. A városi területek és a vidék között fennálló hőmérséklet-különbség számszerűsítéséhez 12, különböző időpontban készült műholdas hőkép-profil adatait használtuk fel.

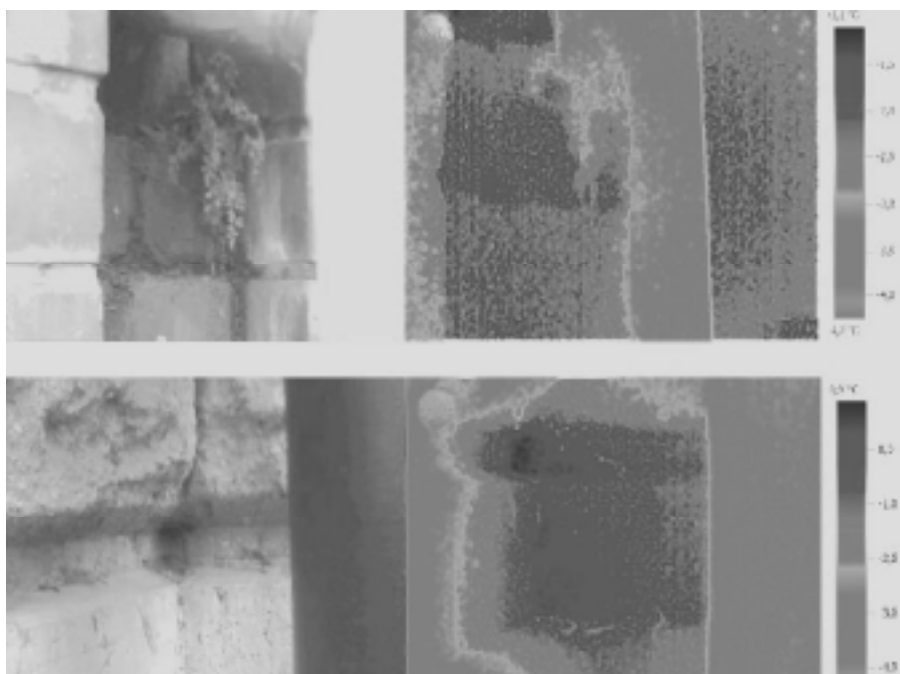
A városi és vidéki területek között meglévő átlaghőmérséklet-különbség a másodfokú polinomiális regressziós görbével. A vidéken mért, $-7 - 5$ °C közötti átlaghőmérsékletű napokat ábrázoltuk. A kiválasztott 12 napot négyzetek jelzik (10. ábra).

Hőhíd-leképezés

A hőhidak monitorozása természetesen nem képzelhető el megfelelő hőkamera alkalmazása nélkül, ami ez esetben a Testo cég által forgalmazott hőkamera volt. A hőkamera hamisszínes felvételként leképezi a kamerázott felületet, ugyanakkor lehetővé teszi a nyert kép kvantifikálását is (11. ábra).



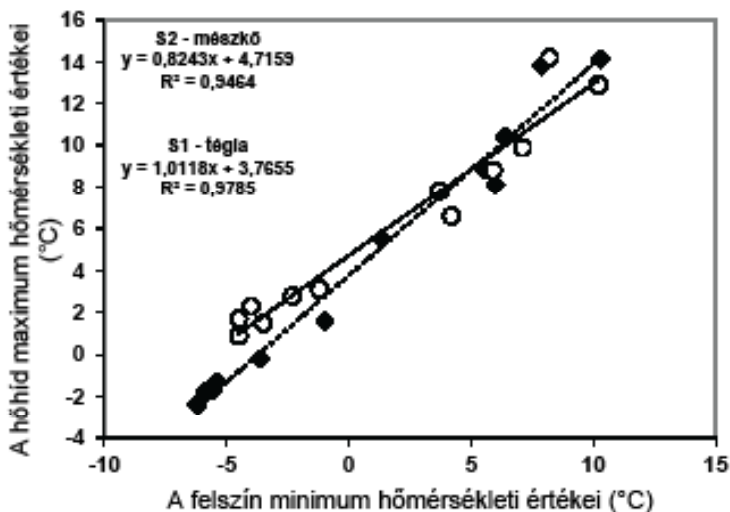
10. ábra. A városi és vidéki területek közötti átlaghőmérséklet-különbség



11. ábra. A két, vizsgált felvételi pont látható fényben készült és egy adott napi hőkamerás felvétele szürke árnyalatok képeken (forrás: Trájer és mtsai, 2014)

A tanulmányhoz három, egy időben mért hőmérsékleti értéket használtunk fel: (1) a levegő hőmérsékletét, (2) a falhőmérsékletet a hőhídon kívül, (3) a hőhíd maximális felületi hőmérsékletét. A méréseket január 23. és 30., valamint február 25. és március 13. között, reggel 7:30 és 8:00 óra körül végeztük, mivel a reggeli hőmérsékletek a legalacsonyabbak. Fontos megjegyezni, hogy az említett felületek árnyékoltak voltak a mérési időpontokban. Helyszínül a Budapesti Műszaki Egyetem épületeit választottuk. A helyválasztás nem volt véletlen, mivel az 1960-as években az alig 700m-re található gellért-hegyi pálos monostorból a *Phlebotomus perfiliewii* fajt jelezték korábban, továbbá a közelmúltban Budapest agglomerációjában a *Phlebotomus neglectus* és a *Phlebotomus mascittii* fajokat is jelentették (Tánczos, 2012). Vizsgálatunk céljával két, olyan hőhidpontot választottunk ki, melyek hőhíd-intenzitása budapesti viszonylatban átlagosnak mondható. Az első pont egy mészkő-borítású falszakaszon található, déli fekvésben. A második pont egy téglafelülettel rendelkező konkáv sarok, egy csatorna mögött, délkeleti fekvésben. A második pontban uralkodó környezeti viszonyokat jellemzi hogy az *Asplenium ruta-muraria* L. páfrány és a széles tűrőképességgel rendelkező *Bryum argenteum* Hedw. mohaféle is előkerült az élőhelyről. Az *Asplenium ruta-muraria* egy tipikus sziklalakó páfrány, ami eredetileg mészkőalapon, bázikus vázталajokon fejlődik, árnyékos, párás fekvésű helyeken (Vogel és mtsai, 1999). A *Bryum* szintén a bázikus talajokat kedveli.

Az első és a második mérési pont esetében a fal hőszigetelő-képessége eltérőnek mutatkozott: a mészkőborítással ellátott fal hőszigetelő-képessége 33 százalékkal elmaradt a mészkőfaléhoz képest. Ezzel ellentétben a mészkőfal esetében a mért maximum hőmérsékleti értékek 75 százaléokban magasabb hőmérsékleti értékeket találtunk az azonos időpontokban, mint a téglafal esetében (12. ábra).



12. ábra. A felszíni minimum és a hőhíd centrumában mért maximum hőmérsékletek parallel alakulása azonos mérési időpontokban a két faltípus esetében (forrás: Trájer és mtsai, 2014)

A modellezés lépései

Az általunk megalkotott modell három lépcsős és az egymásra épülő modell-rétegek révén módunkban áll megítélni, hogy a jövőben mely lepkeszűnyog fajok számára válnak alkalmassá az életfeltételek a budapesti agglomerációban.

1. az első modell a városi hősziget-hatás téli minimum-csökkentő hatását tartalmazta,
2. a második modell a fentebbin kívül tartalmazta a hőhid-hatást is,
3. a harmadik modell ezen kívül a klímaváltozást is figyelembe vette a 2021–2050-es 30 éves időszakra nézve a RegCM modell szerint:

$$T_1 = T_0 - \Delta T_{UHI} + \Delta T_{air} \quad (1.)$$

$$T_2 = f_{TB}(T_0 - \Delta T_{UHI}) + \Delta T_{air} \quad (2.)$$

$$T_3 = f_{TB}(T_0 - \Delta T_{UHI}) - \Delta T_{FP} + \Delta T_{air} \quad (3.)$$

ΔT_{air} : a levegő és a talajszinten mért hőmérséklet különbsége

ΔT_{UHI} : a városi hősziget-effektus okozta hőmérséklet-különbség a vidék és a város között

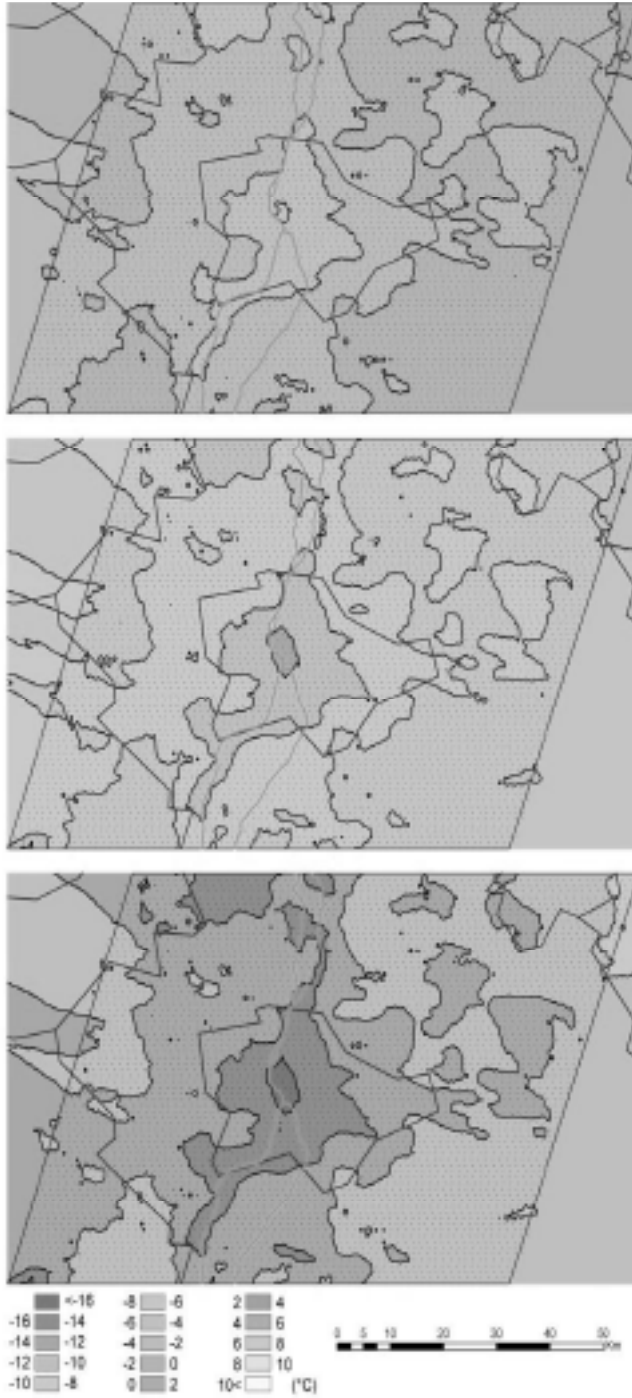
$f_{TB}(T)$: a hőhidak okozta hőmérséklet-emelkedés

ΔT_{FP} : a referencia-időszak és a prediktált jövőbeni hőmérsékletek különbsége

A hőhidak, a hősziget-hatás és a klímaváltozás együttes várható hatása a vizsgált lepkeszűnyog fajok áttelelésére

A modellezés során azokat a téli minimum hőmérsékleti izotermákat jelenítettük meg, melyek mellett egy adott területen a lepkeszűnyog fajok áttelelhetnek a városi hősziget-hatás, a hőhidak és a klímaváltozás minimum-enyhítő hatása mellett.

Szoros összefüggést találtunk a külső hőmérséklet és a hőhidak maximális hőmérsékleti értékei közt mindkét hőhid esetében. A nyert hőmérsékleti értékek alapján a hőhid-intenzitás kvantifikálhatóvá vált a különböző léghőmérséklet-értékek mellett. A *Phlebotomus neglectus*, *Phlebotomus mascittii* jelenlegi, agglomerációbeli elterjedése még a hőhid-és hősziget-hatás figyelembevételével is csak hőszennyezett, de nem fűtött helyiségekben vagy mélyebb természetes üregekben képzelhető el, mivel a Budapestet övező területek éves átlagos minimuma -17,8 és -15,0 °C közötti. A modell alapján a jövőben Budapest térségében várható a *Phlebotomus mascittii*, *Phlebotomus neglectus* fajok természetben való áttelelése (13. ábra).



13. ábra. A modelleredmények három fázisa

A 13. ábra modelleredményeink három fázisát mutatja be annak függvényében, hogy az alpnak tekintett városi hősziget-hatáson kívül (az 1. egyenlet alapján; legfelső kép) mely additív hatás csökkenti, teszi enyhébbé a téli minimumokat Budapesten és agglomerációjának területén. Ezek az additív hatások a következők: (1) a hőhidakból származó hőszennyezés (a 2. egyenlet alapján) és (2) a jövőre (2025–2050) modellezett klíma-enyhülés/a téli minimumok enyhülése (a 3. egyenlet alapján).

A képek elkészítésének alapját az az elgondolás adta, hogy ábrázoljuk azt a hőmérsékleti értéket, amely mellett a *Phlebotomus mascittii*, *Phlebotomus neglectus*, *Phlebotomus papatasi* és *Phlebotomus perfiliewi* egyedek áttelelése megtörténhet az ismert irodalmi adatok alapján. Mivel a hősziget-hatás geográfiai jellemzői miatt a városcentrumtól távolodva csökken, ez a hőmérséklet-érték a vidéki területek felé egyre emelkedik. A képeken az azonos hőmérsékleti értékkel jellemzett területeket azonos szürke tónus jelöli. A klímamodell RegCM modell alapján készült (forrás: Trájer és mtsai, 2014).

A törökbálinti, recens előfordulás is csak olyan környezettel magyarázható, ahol a hőmérséklet a legnagyobb minimumok idején +10–+13 °C-kal magasabb, mint a környezeti. Az in situ mérések alapján a hőhidak 3–7 °C-kal voltak melegebbek környezetüknél. A mészkő és téglafalborítások hőszigetelésének különbözősége feltehetően abból a tényből eredeztethető, hogy a vizes téglafal sokkal több hőt tud tárolni, mint a porózus és levegős mészkőfal, márpedig jól ismert tény, hogy a víz fajhője a levegőének sokszorososa. Az észlelt mikrobiális bevonat és a makroszkópos flóra szintén a téglafal állandó nedvesedését támasztotta alá, ugyanakkor jelezte azt is, hogy a téglafal esetében fennáll a szervesanyag-felhalmozódás lehetősége is. Mivel eredményeink alapján a jövőben a lepkeszűnyog fajok áttelelése Budapesten biztosított, egyet kell értenünk Révész (2008) megállapításával, miszerint a klímaváltozás eredményeképpen Magyarországnak komoly közegészségügyi és járványtani problémákkal kell szembenéznie.

Konklúziók

Hazánkban klímamodelljeink és a valós észlelések alapján a jövőben a vektor jelentőségű lepkeszűnyog-fajok a jelenleginél szélesebb elterjedése várható, ami lehetőséget teremt a külföldről fertőzött személyekkel, vagy kutyákkal behurcolt leishmania-félék hazai átvitelére egészséges emberekre és állatokra. A lepkeszűnyogok szélesedő elterjedésének várható szinterei elsősorban a városi hősziget-effektus által érintett települések, így például az ország fővárosa. Mivel Budapesten, Magyarország legnagyobb és egyben legnépesebb városában, 1,74 millió fő él, az agglomerációval együtt pedig a terület lakossága 3,3 millió főt számlál (KSH, 2011), a lepkeszűnyogok által terjesztett betegségeknek kitett lakosság igen nagy. A várostervezők és a közegészségügyi szakpolitika felelőssége, hogy a modern városrendezési és energiapolitikai trendeknek megfelelően igyekezzenek csökkenteni a városi hősziget-effektus növekedését az érintett területeken és más magyar nagyvárosokban. Ezzel együtt kijelenthetjük, hogy a lepkeszűnyog fajok a klímaváltozás és az antropogén emisszió korai, érzékeny indikátorai.

Köszönetnyilvánítás

A Szerzők köszönettel adóznak Dr. Páldy Anna és Dr. Tánczos Balázs lektoroknak, akik javaslataikkal előmozdították a jelen kézirat tartalmi és formai minőségét. A kutatást a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005 és a TÁMOP (4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064, 1.1 Szélsőséges időjárási események hatása a felszíni vizekre almodul) támogatta

Megjegyzés

A Szerzők felhívják a kedves olvasók figyelmét arra, hogy az itt megjelent eredményeket részletes és tudományos igényű formában a *Applied Ecology and Environmental Research* 12/4-ik számában olvashatják (link: http://aloki.hu/indvol12_4.htm).

Irodalomjegyzék

- Ascione, R., Gradoni, L. és Maroli, M. (1996): Studio eco-epidemiologico su *Phlebotomus perniciosus* in focolai di leishmaniosi viscerale della Campania. *Parassitologia*, 38. sz. 495–500.
- Balogh, Z., Ferenczi, E., Szeles, K., Stefanoff, P., Gut, W., Szomor, K. N. és Berencsi, G. (2010): Tick-borne encephalitis outbreak in Hungary due to consumption of raw goat milk. *Journal of virological methods*, 163. sz. 481–485.
- Banfield, J. F., Barker, W. W., Welch, S. A. és Taunton, A. (1999): Biological impact on mineral dissolution: application of the lichen model to understanding mineral weathering in the rhizosphere. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96. 7. sz. 3404–3411.
- Bartholy, J., Pongrácz, R., Lelovics, E. és Dezső, Z. (2009): Comparison of urban heat island effect using ground-based and satellite measurements. *Acta Climatologica et Chorologica, Universitatis Szegediensis*, 42–43. sz. 7–15.
- Bede-Fazekas, Á. és Trájer, A. J. (2013): Ornamental plants as climatic indicators of arthropod vectors. *Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment*, 5. sz. 19–39.
- Bettini, S., Contini, C., Atzeni, M. C. és Tocco, G. (1986a) Leishmaniasis in Sardinia. I. Observations on a larval breeding site of *Phlebotomus perniciosus*, *Phlebotomus perfiliewi* and *Sergentomyia minuta* (Diptera: Psychodidae) in the canine leishmaniasis focus of Soleminis (Cagliari): *Ann Trop Med Parasitol.*, 80. 3. sz. 307–315.
- Bettini, S., Gramiccia, M., Gradoni, L. és Atzeni, M. C. (1986b): Leishmaniasis in Sardinia: II. Natural infection of *Phlebotomus perniciosus* Newstead 1911, by *Leishmania infantum* Nicolle 1908, in the province of Cagliari. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 80. 3. sz. 458–459.
- Bettini, S. és Melis, P. (1988): Leishmaniasis in Sardinia. III. Soil analysis of a breeding site of three species of sandflies. *Medical and Veterinary Entomology*, 2. 1. sz. 67–71.
- Bettini S., Maroli, M., Loddo, S. és Atzeni, C. (1991): Leishmaniasis in Sardinia: VI. Further observations on the biology of *Phlebotomus perniciosus* Newstead, 1911, *Phlebotomus perfiliewi* Parrot, 1930, and *Sergentomyia minuta* Rondani, 1843, (Diptera: Psychodidae): *Bull. Soc. Vector Ecol.*, 16. 2. sz. 230–244.
- Bradley, C. A. és Altizer, S. (2007): Urbanization and the ecology of wildlife diseases. *TRENDS in Ecology and Evolution*, 22. 2. sz. 95–102.
- Biocca, E. és Coluzzi, A. (1977): Costantini Rosservazioni sull'attuale distribuzione dei flebotomi italiani e su alcuni caratteri morfologici differenziali tra le specie del sottogenere *Phlebotomus*. *Parassitologia*, 19. sz. 19–37.
- Costa, M. A., Matheson, C., Iachetta, L., Llagostera, A. és Appenzeller, O. (2009): Ancient Leishmaniasis in a highlands desert of northern Chile. *PLoS One*, 4. sz., e6983.
- Cortes, S., Afonso, M. O., Alves-Pires, C. és Campino, L. (2007): Stray dogs and leishmaniasis in urban areas, Portugal. *Emerging Infectious Diseases*, 13. 9. sz. 1431.
- Dantas-Torres, F., Latrofa, M. S. és Otranto, D. (2010): Occurrence and genetic variability of *Phlebotomus* papatasi in an urban area of southern Italy. *Parasites & vectors*, 3. sz. 77–77.
- Dantas-Torres, F., Brito, M. E. F. D. és Brandão-Filho, S. P. (2006): Seroepidemiological survey on canine leishmaniasis among dogs from an urban area of Brazil. *Veterinary parasitology*, 140. 1. sz. 54–60.
- Drever, J. I. és Stillings, L. L. (1997): The role of organic acids in mineral weathering. *Colloids and Surfaces A. Physicochemical and Engineering Aspects*, 120. 1. sz. 167–181.
- Farkas, R., Tánzos, B., Bongiorno, G., Maroli, M., Dereure, J. és 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. sz. 823–834.
- Hanson, W. J. (1961): The breeding places of *Phlebotomus* in Panama (Diptera, Psychodidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 54. 3. sz. 317–322.
- Heinrich, D., Fahnert, R. és Hergt, M. (2006): *Dtv-Atlas Erde: physische Geographie; mit 147 Abbildungseiten in Farbe*. Dt. Taschenbuch-Verlag.
- Kamhawi, S., Abdel-Hafez, S. K. és Molyneux, D. H. (1991): Urbanization--how does it affect the behaviour of sandflies?. *Parassitologia*, 33. sz. 299.

- Kerr, S. F. (2000): Palaearctic origin of *Leishmania*. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 95. sz. 75–80.
- Killick-Kendrick, R. (1987a): Breeding places of *Phlebotomus ariasi* in the cevennes focus of leishmaniasis in the south of France. *Parassitologia*, 29. sz. 181–191.
- Killick-Kendrick, R. és Killick-Kendrick, M. (1987b): The laboratory colonization of *Phlebotomus ariasi* (Diptera, Psychodidae). *Ann Parasitol Hum Comp.*, 62. sz. 354–356.
- Killick-Kendrick, R. (1999): The biology and control of phlebotomine sand flies. *Clinics in dermatology*, 17. 3. sz. 279.
- Killick-Kendrick, R. (1990): Phlebotomine vectors of the leishmaniasis: a review. *Medical and Veterinary Entomology*, 4. sz. 1–24.
- Killick-Kendrick, R., Rioux, J. A., Bailly, M., Guy, M. W., Wilkes, T. J., Guy, F. M. és Guilvard, E. (1984): Ecology of leishmaniasis in the south of France. 20. Dispersal of *Phlebotomus ariasi* Tonnoir, 1921 as a factor in the spread of visceral leishmaniasis in the Cévennes. *Annales de parasitologie humaine et comparée*, 59. 6. sz. 555.
- Kim, Y. H. és Baik, J. J. (2004): Daily maximum urban heat island intensity in large cities of Korea. *Theoretical and Applied Climatology*, 79. 3–4. sz. 151–164.
- Lelovics E., Pongrácz R., Bartholy J. és Dezső, Zs. (2012): Budapesti városi hősziget hatás elemzése műholdas és felszíni mérések alapján. In: Nyári D. (szerk.): *Kockázat – konfliktus – kihívás. A VI. Magyar Földrajzi Konferencia, a MERIEXWA nyitókonferenciája és a Geográfus Doktoranduszok Országos Konferenciájának Tanulmánykötete.* – Szegedi Tudományegyetem, Szeged.
- Lelovics E. (2012): *Műholdas és állomási méréseken alapuló városi hősziget vizsgálat Budapest térségére.* Thesis. Eötvös Loránd University, Department of Meteorology.
- Loughnan, F. Ch. (1969): *Chemical weathering of the silicate minerals.*
- Maroli, M. és Bettini, S. (1977): Leishmaniasis in Tuscany (Italy): (I) An investigation on phlebotomine sandflies in Grosseto Province. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 71. 4. sz. 315–321.
- Maroli, M., Bigliocchi, F. és Khoury, C. (1994): I flebotomi in Italia: osservazioni sulla distribuzione e metodi di cattura. *Parassitologia*, 36. sz. 251–264.
- Maroli, M. és Khoury, C. (1998): Leishmaniasis vectors in Italy (1998). *G. Ital. Med. Trop.*, 3. sz. 67–72.
- Marty, P., Izri, A., Ozon, C., Haas, P., Rosenthal, E., Del Giudice, P. és Le Fichoux, Y. (2007): A century of leishmaniasis in Alpes-Maritimes, France. *Annals of tropical medicine and parasitology*, 101. 7. sz. 563–574.
- Moncaz, A., Faiman, R., Kirstein, O. és Warburg, A. (2012): Breeding Sites of *Phlebotomus argentipes* in the Sand Fly Vector of Cutaneous Leishmaniasis in the Judean Desert. *PLoS Negl Trop Dis.*, 6. 7. sz. e1725.
- Naderer, T., Ellis, M. A., Sernee, M. F., De Souza, D. P., Curtis, J., Handman, E. és McConville, M. J. (2006): Virulence of *Leishmania major* in macrophages and mice requires the gluconeogenic enzyme fructose-1, 6-bisphosphatase. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103. 14. sz. 5502–5507.
- Naucke, T. J. és Pesson, B. (2000): Presence of *Phlebotomus* (*TransPhlebotomus*) *masciitii* Grassi, 1908 (Diptera: Psychodidae) in Germany. *Parasitology research*, 86. 4. sz. 335–336.
- Naucke TJ, Schmitt C (2004) Is leishmaniasis becoming endemic in Germany? *Int. J. Microbiol.*, 37. 293. sz. 179–181
- Naucke, T. J. (2002): Leishmaniasis, a tropical disease and its vectors (Diptera: Psychodidae, Phlebotominae) in Central Europe. *Denisia*, 6. 163–178.
- Naucke, T. (2007): Leishmaniasis – entering Germany. *Tierarztl Umsch.*, 62. sz. 495–500.
- Oke, T. R. (1973): City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7. 8. sz. 769–779.
- Oshaghi, M. A., Ravasan, N. M., Javadian, E., Rassi, Y., Sadraei, J., Enayati, A. A. és Emami, S. N. (2009): Application of predictive degree day model for field development of sandfly vectors of visceral leishmaniasis in northwest of Iran. *J. Vector Borne Dis*, 46. 4. sz. 247–255.
- Páldy, A., Bobvos, J., Vámos, A., Kovats, R. S. és 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.* Springer, Berlin–Heidelberg. 99–107.
- Ready, P. D. (2010): Leishmaniasis emergence in Europe. *Euro Surveill*, 15. 10. sz. 19505.
- Santamouris, M. (2001): *Heat-island effect (Vol. 402).* James & James, London.
- Shaw, S. E., Lerga, A. és Williams, S. (2003): Review of exotic infectious diseases in small animals entering the United Kingdom from aboard diagnosed by PCR. *Vet. Rec.*, 152. sz. 176–77.
- Shortt, H. E., Smith, R. O. A. és Swaminath, C. S. (1930): The Breeding in Nature of *Phlebotomus argentipes*, Ann. & Brun. *Bulletin of Entomological Research*, 21. 3. sz. 269–271.
- Singh, K. V. (1999): Studies on the role of climatological factors in the distribution of phlebotomine sandflies (Diptera: Psychodidae) in

- semi-arid areas of Rajasthan, India. *Journal of arid environments*, 42. 1. sz. 43–48.
- Szentkirályi Zs. és Lőrincz F. (1932): Phlebotomus cspése által okozott különös dermatosizról. *Orv. Hetil.*, 76. sz. 665–668.
- Tánczos, B., Balogh, N., Király, L., Biksi, I., Szeredi, L., Gyurkovsky, M., Scalone, A., Fiorentino, E., Gramiccia, M. és Farkas, R. (2012a): First record of autochthonous canineleishmaniasis in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Dis.*, 12. sz. 588–594.
- Tánczos Balázs (2012): *A kutya leishmaniózis és a parazita vektorainak vizsgálata Magyarországon*. PhD értekezés. Szent István Egyetem Állatorvostudományi Doktori Iskola, Budapest. 2012<http://phd.univet.hu/lapok/TanczosB-D-H.pdf>
- Tarallo, V. D., Dantas-Torres, F., Lia, R. P. és Otranto, D. (2010): Phlebotomine sand fly population dynamics in a leishmaniasis endemic peri-urban area in southern Italy. *Actatropica*, 116. 3. sz. 227–234.
- Trájer, A. J., Mlinárik, L., Juhász, P. és 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. sz. 887–908.
- Trájer, A. J., Bede-Fazekas, Á., Hufnagel, L., Horváth, L. és Bobvos, J. (2013): The effect of climate change on the potential distribution of the European Phlebotomus species. *Applied Ecology and Environmental Research*, 11. sz. 189–208.
- Török, Á. (2002): Oolitic limestone in a polluted atmospheric environment in Budapest: weathering phenomena and alterations in physical properties. *Geological Society, London, Special Publications*, 205. 1. sz. 363–379.
- Tselentis, Y. és Gikas, A. (1994): Chaniotis B Kalaazar in Athens basin. *Lancet*, 343. sz. 1635.
- Vanni, V. (1940): Transmission and Prophylaxis of Cutaneous Leishmaniasis in Italy. *Epidemiologia, trasmissione e profilassi della Leishmaniosi cutanea in Italia. Journal Ann. d'Igiene.*, 50. 2. sz. 49–58.
- Vogel, J. C., Rumsey, F. J., Russell, S. J., Cox, C. J., Holmes, J. S., Bujnoch, W. és Gibby, M. (1999): Genetic structure, reproductive biology and ecology of isolated populations of *Asplenium csikii* (Aspleniaceae, Pteridophyta). *Heredity*, 83. 5. sz. 604–612.
- World Health Organization WHO/LEISH/200.42 (2000): *Leishmania/HIV Co-Infection in Southwestern Europe 1990–98: Retrospective Analysis of 965 Cases*.
- World Health Organization, WHO. (1984): The leishmaniasis: report of an expert committee. *WHO Tech Rep. Ser.*, 701. sz. 1–140.
- Yuval, B., Warburg, A. és Schlein, Y. (1988): Leishmaniasis in the Jordan Valley. V. Dispersal characteristics of the sandfly *Phlebotomus papatasi*. *Medical and Veterinary Entomology*, 2. 4. sz. 391–395.