

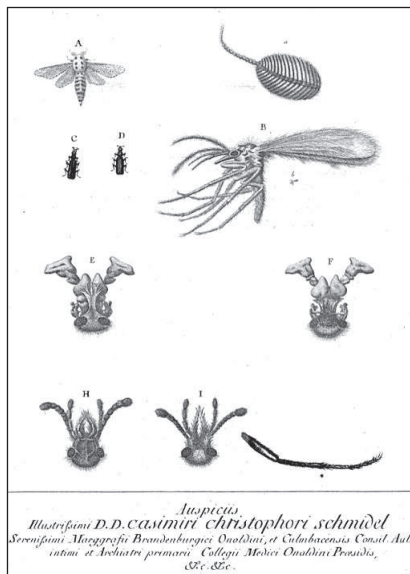
TRÁJER ATTILA

Lepkeszúnyogok és klímaváltozás

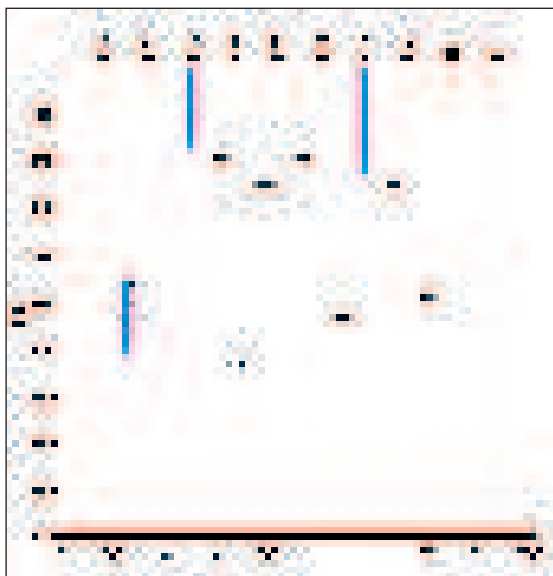
A *Phlebotomus*-fajok számos fertőző betegség legfontosabb vagy egyedüli terjesztői. Bár a hazai közönség előtt jóval kevésbé ismertek, mint távoli rokonaik, a csípő szúnyogok, szerepük a klímaváltozással párhuzamosan várhatóan felértékelődik majd. Mediterrán származásuk ellenére négy fajuk már jelen van Magyarországon, és újabbak megjelenése várható a közeljövőben. Írásomban rövid áttekintést adok a nemzetségről, legfontosabb európai fajainak környezeti igényéről és bepillantást nyerünk a lehetséges jövőbe.

Lepkeszúnyogok

A lepkeszúnyogok (*Phlebotomus*, angolul *sandflies*) kistermetű, óvilági elterjedésű kétszárnyú rovarok (Rend: Diptera), melyeknek néhány faja Európában és hazánkban is él. Bár rendszertani értelemben valójában nem szúnyogok, szegrőlvégről rokonságban állnak velük. A lepkeszúnyogok ugyanúgy a Culicomorpha alrendbe tartoznak, akár a valódi csípőszúnyog-fajok. Magyarul még szokták őket homoki légynek is nevezni a kifejezés angol megfelelőjének tükörfordításával. A név a „pappataci” kifejezésből származik, lásd még: Pappataci láz (angolul pappataci/phlebotomus fever). A görögös hangzás ellenére a szó az olasz Giovanni Antonio Scopoli (1723–1788) révén került a tudományos köztudatba, aki 1786-ban adta az egyik fajnak a *Bibio papatasi* nevet (ma *Phlebotomus papatasi* Scopoli; első ábrázolása: **1. ábra**). Az olasz kifejezésben benne foglaltatik a „csendes” jelző, ami e fajok valóban csendes röptére utalhat, mivel a *pappa* „ételt”, a *taci* „csendeset” jelent, egyértelműen utalva arra, hogy ez a vérszívó nem kelt nagy zajt, amikor táplálkozni indul. A szúnyogokhoz képest a kontraszt valóban érzékeltes, gondoljunk csak a dalos szúnyog (*Culex pipens* L.) vagy az erdei szúnyog (*Ochlerotatus cantans* Meigen) egyáltalán nem „lopakodó üzemmódú” röptére, ahol az el-



1. ábra. A *Phlebotomus papatasi* első ábrázolása Giovanni Antonio Scopoli könyvében (Forrás: www.naturamediterraneo.com)



2. ábra. A fontosabb európai lepkeszúnyogfajok klimatikus igényei alapján szerkesztett kladogram. LEI – *L. infantum*, PAR – *Ph. ariasi*, PNE – *Ph. neglectus*, PPA – *Ph. papatasi*, PPF – *Ph. perfliewi*, PPN – *hP. perniciosus*, PSE – *hP. sergenti*, PSI – *Ph. similis*, PTO – *Ph. tobbi*, PUN – a *Phlebotomus* fajok uniója (Forrás: Trájer és mtsai. 2013)

ső faj esetében a magyar, a második esetében a latin név utal zajosságukra (vö.: cantō, cantāre, lat.).

Csendességük ellenére csípésük felér a szúnyogokéval, sőt, ha lehet, még irritálóbb. A szúnyogoknál tapasztaltakhoz hasonlóan, esetükben is a petét rakni „szándékozó” nőtényegyedek szívnak vért. Valószínű, hogy a Culicomorpha alrend ősei valamikor cukros növényi nedvek szívogatására „fejlesztették ki” szűrő-szívó szájszervüket, majd a melegvérű és vékony bőrű (nem pikkelyes) állatok mezozoikumai megjelenését követően kapott rá néhány csoportjuk a vérszívásra. Mind a hím, mind a nőtény példányok meglehetősen kicsiny rovarok; a legtöbb faj nőtényei maximum 3 mm-es testhosszúkkal, jóval a csípőszúnyogok méretei alatt maradnak. A kisebb fajok, illetve a hím egyedek 1,5 mm-nél többnyire nem nagyobbak. Megzavarásuk esetén cikk-cakkban felfelé menekülnek. Pozitív fototaxisuk révén a fény ugyanolyan attraktív számukra, akár az a szúnyogok esetében tapasztalható, így fénycsapdával kézre keríthetők. A magyar nyelvben a „lepke-” előtag aránylag széles, rövid szárnyformájukra utal. Elsősorban a mediterrán-szubtrópusi öv lakói és jelenlegi elterjedésük minden bizonnyal egy korábbi, összefüggő nagy elterjedési terület maradványa lehet. Bár eredetük a földtörténeti középkorba nyúlik vissza, a fajok jelen nyugat-ázsiai elterjedése egyértelműen az alpi hegységképződési ciklus utolsó 15–20 millió évének és az utolsó 2,5 millió év lehűléseinek a következménye. Kimutatták, hogy a jelenleg előforduló európai fajok, az emberi közösségekhez hasonlóan, a dél-európai menedékekből (Ibéria, Balkán) kiáramolva hódíthatták meg Dél-Európát és Közép-Európa melegebb részeit. Érdekes, hogy a földrajzilag közel előforduló fajainak egészen eltérő környezeti igényeik vannak, habár az éves átlag (10 °C-os izoterma) befolyásolja elterjedésük általános határát. Trópusi területeken a *Ph. papatasi* 1100 m tengerszint feletti magasságig előfordul, ahol természetesen a klíma még nagyon enyhe a hazáival összehasonlítva.



3. ábra. A lepkeszúnyogok kedvelik a sziklás, cserjés vegetációjú, védett fekvésű élőhelyeket, ahol egyúttal gazdag hulló- és rágsálópopuláció él (Forrás: Tánzos Balázs, Trájer Attila)

Az elterjedés meghatározói

Jó példa a klimatikus elkülönülésre a *Ph. ariasi* és *Ph. perniciosus* esete Dél-Franciaországban. A *Ph. ariasi* a nedvesebb és hűvösebb tengerparti hegyvidék erdőinek, a *Ph. perniciosus* pedig a szárazabb és melegebb tengerparti síkságoknak a lakója. A két faj áréaja érintkezik, és a parttól távolodva, a domborzat függvényében, akár pár száz méteres távolságon belül váltják egymást. A filogenetikai vizsgálatok révén kiderült, hogy a két faj törzsfajlódása már a miocén korban elvált, és az eltérő igények egy hosszabb önálló törzsfajlódás következményei, vagyis az élőhelyek szerinti elkülönülés nem közvetlenül a két faj versenye miatt alakult ki, hanem feltehetően a jégkorszaki újra benépesülés után jöhetett lére a mai elterjedési kép. Klímaborító modellezés (angolul: Climate Envelope Modelling) használatával kimutattuk (2. ábra, Trájer és mtsai. 2013), hogy a két faj elterjedését magyarázó csapadék és hőmérsékleti értékek is látványosan leképezik az ariasi fajcsoport és más lepkeszúnyogfajok között fennálló filogenetikai távolságot, ami szép példája az Darwin-féle élőhely alapú fajképződésnek. Ezek szerint a törzsfán jól elkülönülő *Ph. ariasi*-komplex jól elkülönül a többi kládtól (közös ősből leszármazott fajtól, Mahamdallie és mtsai 2010) és ez a különbség rögzült a fajok klimatikus igényeiben is.

A lepkeszúnyogok természetes élőhelyei vizes vagy inkább nedves élőhelyek, mint a vizesékek permetzónája, dendro- és fitotelmák (fák törzsének odvai és elágazásai, illetve lágyszárú növények által formált csapadékvíz-tartók), nedves avar. Emberi környezetben előfordulásukra elsősorban ott számíthatunk, ahol a nedvesedő kőfalak mellett háziállatok, mondjuk kecskék vagy háziszárnyasok is előfordulnak. Horvátország szigetein például gyakoriak kecske-

és birkakarámok közelében. A hézagosan rakott kőfalak különösen megfelelő életet jelentenek számukra. Nálunk is előfordulnak karbonátos kőzetek, kőcseresznye közelében. A Villányi-hegységben is találkozhatunk velük, olyan helyeken, ahol sok a rágsáló és a hulló. Ahol a virágos kőris (*Fraxinus ornus* L.) megél, számítani lehet a lepkeszúnyogok előfordulására is (3. ábra).

A magas páratartalom kívül a lepkeszúnyog számára még rendelkezésre kell, hogy álljon megfelelő mennyiségű szerves anyag is, ami elsősorban légköri ülepedés, gombák és bakteriális működés eredménye. A falak repedéseiben az ilyen szervesanyag-felhalmozódás nem megfelelően szigetelt illesztékekben jellemző. Nagyon fontos különbség a csipő szúnyogokkal szemben, hogy a lepkeszúnyogok közvetlenül a nedves, szerves anyagokban gazdag felszínre is el tudják helyezni petéiket, amelyek nem igényelnek fejlődésükhöz külön, nyílt víztükröt. A kikelt lárvák mellett a kifejtett egyedek is igénylik a magas páratartalmat, bár ez az igény fajoként eltérő. A *Ph. neglectus*, *Ph. perfliewei* legalább 60–80%-os páratartalmú levegőt igényel, a forróbb, szárazabb területeken (pl. Közél-Kelet) is elterjedt *Ph. papatasi* és *Ph. sergenti* beéri akár a 45%-os páratartalommal is. Egy vizsgálatunk során, melyben összevetettük az eu-



4. ábra. *Clogmia albipunctata* (Forrás: http://biology.duke.edu/dukeinsects/Clogmia_albipunctata.php)

rópai lepkeszúnyogok elterjedését néhány tipikus mediterrán növényével, kiderült, hogy a *Juniperus oxycedrus* L. (hazai közönséges borókánk, a *Juniperus communis* L. mediterrán rokona), egy mediterrán tölgy- és fenyőfaj elterjedése nagymérték-

ben megegyezik az ismert európai lepkeszúnyogokéval (Bede-Fazekas és Trájer 2013). Érdemes megemlíteni egy közeli csoport tagjait, a *Clogmiákat*, melyekkel valószínűleg már mindenki találkozott zuhanyzóknak vagy más vizes blokkokban (kollégiumokban nem ritkák). Ezek azok az esetlennek látszó, „túlméretezett” szárnyú apró rovarok, melyek gyorsan tova-roppannak bolygatás esetén. Valóban közeli rokonok, mivel szintén a Psychodidae család tagjai, akár a lepkeszúnyogok. Életmódjuk is hasonló, azonban a *Clogmia* fajok (angolul: *moth flies*, de beszélő név a *bathroom flies* is) jobban alkalmazkodtak a beltéri körülményekhez. Bár leváló képLETEIK allergiát okozhatnak, jelen ismereteink szerint nem terjesztenek betegségeket, vérszívás helyett bakteriális bevonattal és más szerves anyagokkal táplálkoznak (kórházakban ez problémát jelenthet). Jellemző fajuk a *Clogmia albipunctata* Williston, amely szinte minden kollégiumi és más, közösségi vizes helységben fellelhető. A két csoport fajai általában szemre egymástól jól megkülönböztethetők az eltérő habitus alapján (4–5. ábra).

Lepkeshúnyogok Magyarországon

A lepkeshúnyog-fajok elterjedésének feltárásával Farkas Róbert és Tánzos Balázs foglalkoztak behatóan hazánkban. Megállapították, hogy Magyarországon, elsősorban a dél-magyarországi zónában több kórokozót terjesztő lepkeshúnyog-faj is előfordul: *Ph. neglectus*, *Ph. papatasi*, *Ph. perfliewi*. Az eddig még nem említett



5. ábra. *Phlebotomus* sp. (http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phlebotomus_sp._20130706_2.jpg)

Phlebotomus (Transphlebotomus) *maciittii* Grassi szintén ismert hazánk területéről, és az is kiderült, hogy kutyákban már jelen is van a leishmaniasis egyik kórokozója, a *Leishmania infantum* faj, ami egyben fontos humán kórokozó is (Tánzos és mtsai. 2012,

Farkas és mtsai. 2011). Megjegyzendő, hogy *Phlebotomus perfiliewi* Dél-Magyarországon már az 1931–1932-as időszakban is előfordult. Jellemző és fontos tény, hogy a hajdani gyűjtésre az után került sor, hogy a lakosok kellemetlen csípéseket okozó ismeretlen kistermetű rovarokra panaszkodtak.

A lepkészúnyogok mint vektorok

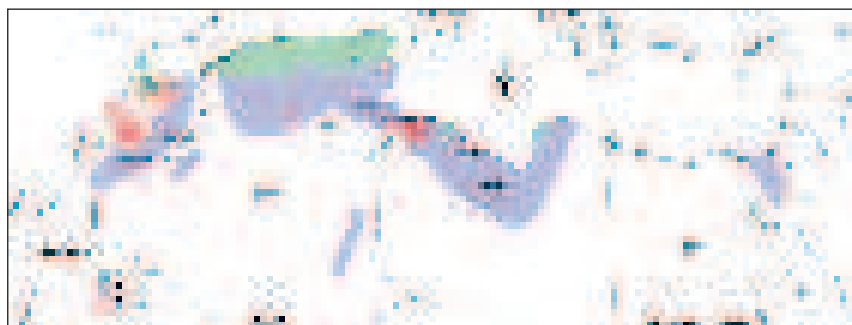
Kellemetlen csípéstükön túl a lepkészúnyogok (a *Phlebotomus* és *Lutzomya* fajok) vektorai, azaz terjesztői az embert is megbete-

meberről emberre is terjedhet a betegség, de gyakoribb, hogy a kutyáktól kapják meg a fertőzést az emberek a lepkészúnyogok vérérvívása révén.

Az elterjedés modellezése és a klímaváltozás hatása az elterjedési területre

A legfontosabb európai elterjedésű lepkészúnyogok jelenlegi elterjedési területe alapján meghatároztuk a fajok klimatikus limitjeit a havi átlag, a minimum és maximum hőmér-

pontos megfeleltetésének nincs jelentősége, mivel a lepkészúnyogok igen rossz repülők és földrajzi elterjedésük nem követi a klíma rövidtávú ingadozásait. A közép- és hosszú távú ingadozások hatása természetesen hatással van a fajok elterjedésére, ami például egyes lepkészúnyog-fajok jelenlegi, foltszerű areája alapján sejthető. Másik fontos szempont a domborzat, ugyanis az Eurázsiai-hegységrendszer hatékonyan útját állja a különböző fajoknak. Csak Délnyugat-Európában előforduló fajok a *Ph. ariasi* és a *Ph. perniciosus*. Európában tipikusan délkelet-mediterrán területeken előforduló fajok a *Ph. similis*, *Ph. tobbi*, ezen kívül hasonló elterjedésűek a *Ph. neglectus* és *Ph. perfiliewi*, melyek előfordulása benyúlik az Appennin-félsziget északi részére és a Kárpát-medencébe is. Egyes fajok a Földközi-tenger medencéjének mindkét végében előfordulnak, így a *Ph. papatasi* és a *Ph. sergenti*. Mivel a tömeges áruszállítás és a nyári vakációs embermozgalom miatt ma már a nagy földrajzi akadályok leküzdése is pillanatok alatt lehetséges, így nem lenne helyénvaló a modellezésből e területek kihagyása. Eredményeink szerint pl. a *Ph. ariasi* jelen elterjedési határa Délnyugat-Európában a 49-ik szélességi kör, 2041–2070-ben a klímaváltozás eredményeként a faj elterjedési területe az Atlanti-partokon és Németországban elérheti az 53-ik szélességi kört, ugyanakkor lehetőség kínálkozik arra, hogy e faj akár Magyarország területét is kolonizálja. A klímaborító modellezés egyik meglepő eredménye, hogy

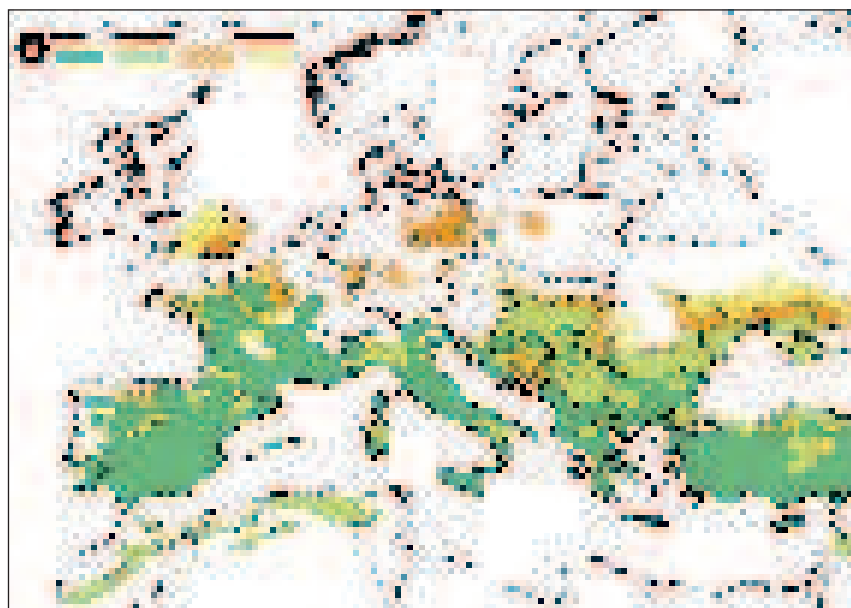


6. ábra. A különböző *Leishmania*-fajok előfordulása Észak-Afrikában (Forrás: Karim Aoun and Aïda Bouratbine 2014)

gító kórokozónak, például a *Leishmania infantum*-nak; a Papatacsi láz vírusának, a *Bartonella bacilliformis*-nak és a Toscana-vírusnak is. A leishmaniasis Észak-Afrikában elterjednek számító betegség (6. ábra).

Az említett kórokozók által előidézett megbetegedések a modern világban a Dengue-láz mellett a leggyorsabban terjedő rovarok által terjesztett megbetegedések közé tartoznak. A trópusi területeken legalább 12 millió fertőzött lehet. A számos kórfomának két alapvető (szélső) típusa ismert, a viscerális („zsígeri”) és a cután („bőr érintettséggel járó”) forma. Az egyes *Leishmania*-fajok más és más kórfomákat idéznek elő, így a már említett *L. tropica* főleg a cután forma okozója. A mediterrán területeken a *Leishmania*-fajok fő rezervoárjai, vagyis a fertőzések forrásai a kutyák. Olaszország egyes területein a kutyák jelentős hányada hordozza valamelyik kórokozót. A kutyákon kívül még a rókákat, rágcsálók és macskák is lehetnek hordozók. Mivel a rókákat és a vadon élő rágcsálók kivételével az említett állatok mind domesztikáltak, így elképzelhető, mekkora problémát jelent a leishmaniasis endémiás vidékeken. Előfordult már, hogy Spanyolországból azért költözött el egy kutyatenyésztő Magyarországra, mert tenyésztőmunkáját ellehetetlenítette az ottani, fertőzött lepkészúnyog-populáció. A leishmaniasis gyakran fordul elő az AIDS-fertőzöttekben, ami legyengült immunstátuszuk miatt komoly veszélyt is jelent. Ritkán

séklet, valamint a havi átlagos csapadékmennyiség figyelembe vételével. A klímaborító modellezés során ezen adatok egy, a fajok el-



7. ábra. A vizsgált lepkészúnyog-fajok egyesített elterjedése (sötétzöld), a modellezett potenciális elterjedés (1960–1990, világoszöld), a modellezett jövőbeli elterjedési terület a 2011–2040-as (narancs) és a 2041–2070-es (sárga) időszakra (Forrás: Trájer és mtsai. 2013)

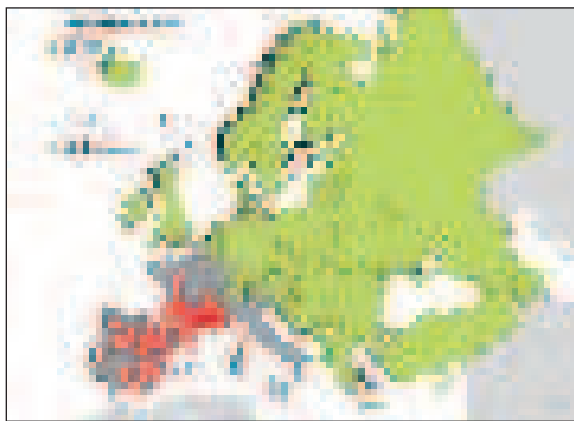
terjedésének megfeleltethető időszakból (referencia időszak: 1961–1990) származnak. Az elterjedési adatok és a klímaadatok évré

még a klímaváltozás hatása nélkül is több faj esetében felismerhető, hogy Magyarország egyes területeinek klímája megfelelő lenne

e fajok számára a földrajzi akadályok leküzdését követően. Ilyenek a délnyugati fajok közül a *Ph. ariasi* és a *Ph. perniciosus*, vagy a délkeletiek közül a *Ph. tobbi*. A jelenleg is már előforduló, illetve a várható fajok alapján készített kompozit-térkép szerint már jelenleg is alig van olyan terület Magyarországon, ahol ne számíthatnánk e lepkeszűnyogok megjelenésére, legfeljebb a leghidegebb telű észak-alföldi területek ilyenek (7. ábra).

A klímaváltozás várható hatása az aktívítási időszakra

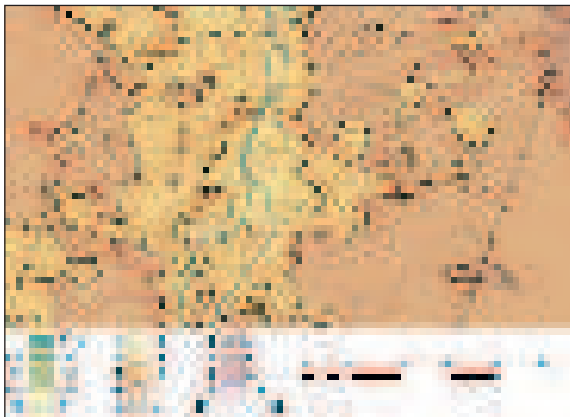
A modelleredmények a várható elterjedési területen túl alkalmasak lehetnek a lepkeszűnyogok aktivitási időszakának modellezésére is. Ez a *Ph. neglectus* esetében azt jelenti, hogy 1960–1990, 2011–2040 és 2041–2070 viszonylatában ez Athén és Pécs esetén 8, 8, és 9, illetve 5, 6 és 6 hónapot jelent a különböző időszakokra. Mindennek azért van jelentősége, mert a fertőződés lehetősége az aktivitási időszakban adott.



8. ábra. A *Ph. ariasi* elterjedési területe. Párizs agglomerációja, mint a legészakiabb elterjedési terület, jól kivehető a térképen (Forrás: http://www.ecdc.europa.eu/en/healthtopics/vectors/vectormaps/Pages/VBORNET_maps_sandflies.aspx)

Városok és hősziget

Az északi elterjedési határ közelében a mikro- és mezoklimatikus tényezők, mint a városi hőszennyezés, erősen befolyásolják a fajok elterjedési határát, szigetszerű előfordulásukat. Jó példa erre a *Ph. neglectus* előfordulása a



9. ábra. Januári hőmérsékleti minimumok, melyek mellett a *Ph. ariasi* a 2025–2050-es években a városi hősziget-hatást és a hőhíd-effektust is számítva, várhatóan túl fogja élni a hideget. Ez a hőmérsékletérték annál alacsonyabb, mennél közelebb vagyunk a városmaghoz (Forrás: Trájer és mtsai. 2014)

budapesti agglomerációban vagy a *Ph. ariasi* a francia főváros agglomerációjában (8. ábra).

A fajok áttelelése a természetben meghatározza európai elterjedésüket. Elsősorban 3. és 4. vedlési fázisban levő lárvaként vészlik át a hideg időszakot, ugyanakkor $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ -nál kevesebbet egyetlen faj sem visel el. Egy nemrég megjelent tanulmányunkban (Trájer és mtsai. 2014) azt vizsgáltuk, hogy a *Ph. neglectus* agglomerációbeli előfordulása hogyan magyarázható, ha számításba vesszük a városi hősziget-effektust és az épületek felületén meglévő hóhidak hideg-nyhító hatását is. Úgy tűnik, a lepkeszűnyogok a fővárosban és környékén csak védett, télen a környezeténél leghidegebb epizódok során legalább $8\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal enyhébb környezetben képesek csak áttelelni. A számított értékek szerint ez a környezet legnagyobb valószínűséggel egy pince vagy egy hőszennyezett melléképületnek felel meg leginkább, de rácsáló ürege sem zárható ki. A mediterrán városokban gyakran fordulnak elő romos épületekben, sőt kissé dohos lépcsőházakban is lepkeszűnyogok. Bár a tengerparti mediterrán területek télen jobbra fűtetlen vagy csak enyhén fűtött épületei ezt lehetővé is teszik, a mérsékelt égövön szükséges fűtés miatt a levegő relatív páratartalma alacsony, ami igen kedvezőtlenül hat a lep-

keszűnyogokra. Modellezési eredményeink világosan mutatják, hogy a városmaghoz közeledve, illetve a 200–300 méteres tengerszint feletti magasságban a lepkeszűnyogok potenciális áttelelési valószínűsége nagyobb, mint a külterületeken vagy a pesti síkságon (9. ábra). Ennek egyik oka az, hogy a hősziget-effektus a központ felé egyre növekvő mértékű a nagyobb beépítettség, a kevesebb zöldterület és geometriai okok következtében, másrészt a domborzat szerepe a téli hajnalokon érvényesül, amikor a hőmérsékleti inverzió jelensége miatt az alacsonyabban fekvő területek felé a fagy lefolyik. Az agglomerációban észlelt *Ph. neglectus* valós előfordulása elsősorban ilyen domborzati okból bekövetkező hőmérsékleti inverzióval magyarázható. ✂

Irodalom

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.

Karim Aoun, Aida Bouratbine – Aoun, K. & Bouratbine, A. 2014: Cutaneous Leishmaniasis in North Africa: a review. *Parasite*, 21, 14. doi:10.1051/parasite/2014014

Farkas, R., Táncoz, B., Bongiorno, G., Maroli, M., Dereure, 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.

Táncoz, B., Balogh, N., Király, L., Biksi, I., Szeredi, L., Gyurkovsky, M., Scalone E., Gramiccia M & Farkas, R. (2012). First record of autochthonous canine leishmaniasis in Hungary. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 12(7), 588–594.

Mahamdallie, S. S., Pesson, B., & Ready, P. D. (2010). Multiple genetic divergences and population expansions of a Mediterranean sandfly, *Phlebotomus ariasi*, in Europe during the Pleistocene glacial cycles. *Heredity*, 106(5), 714–726.

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.

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.