

A KLÍMAVÁLTOZÁS HATÁSA A CANINE LEISHMANIASIS VEKTORAINAK ÉS AZOK NÖVÉNYI INDIKÁTORAINAK ELTERJEDÉSÉRE

THE POTENTIAL EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON FUTURE OCCURRENCE OF THE VECTORS OF THE CANINE LEISHMANIASIS AND THE DISTRIBUTION OF THEIR PLANT INDICATORS

Trájer Attila János^{1,2}, Bede-Fazekas Ákos³

¹Országos Környezetegészségügyi Intézet, ²Semmelweis Egyetem, Budapest, atrajer@gmail.com

³Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti Kar, Budapest, bfakos@gmail.com

Összefoglalás. A leishmaniasis a trópusi és meleg mérsékelt öv mintegy 98 országát érintő parazitás betegség, mely jelenleg terjedőben van. Terjesztői a Phlebotominae alcsaládba tartozó lepkeszűnyogok (*Phlebotomusok*, *syn. Laroussius*) az Ó-, illetve *Lutzomya* fajok az Újvilágban. A leishmaniasis és vektorainak északi elterjedési határát térségünkben Magyarország jelenti, délnyugati megyéinkben, kutyákban már igazolták a fertőzés jelenlétét. A leishmaniasist terjesztő ízeltlábú lepkeszűnyog vektorok rendkívül érzékenyek a környezeti feltételekre, fennmaradásuk és szaporodásuk nedves, enyhe klímájú környezetben biztosított. Természetes viszonyok között az avar és az odvas fák jelentik az élőhelyet, emberi környezetben azonban az épülethibák (repedések, nedves zugok), személtelhelyezésre szolgáló tárgyak és vizes blokkok nyújtják a legjobb életfeltételeket. A klímaváltozás hatására várhatóan északi irányba fog tágulni a lepkeszűnyog-fajok elterjedési területe, köszönhetően a jövőben várható enyhébb teleknek és a hosszabb és melegebb vegetációs periódusnak. A klímaváltozás hatására a leishmaniasis endémiássá válhat a Kárpát-medencében, ami komoly kihívást jelenthet mind a humán, mind az állategészségügy számára. Hasonló kedvezőtlen tendenciák várhatók Európa más, mérsékelt övi területein is. Kutatásunk célja az volt, hogy jelenlegi geográfiai elterjedésük alapján megismerjük a visceralis kórtani formát vagy kalaazart okozó *Leishmania infantum* parazitát terjesztő 5 legfontosabb Phlebotomus faj (*Phlebotomus ariasi*, *P. neglectus*, *P. perfliewi*, *P. perniciosus*, *P. tobbi*) és maga, a *Leishmaniasia infantum* klímaigényeit és ennek használatával megbecsüljük a fajok jövőben várható potenciális elterjedési területét a REMO klímamodell szerint. A választott lepkeszűnyog fajokéhoz hasonló környezeti igényekkel rendelkező indikátor növényfajok potenciális elterjedését is modelleztük párhuzamosan és az eredményeket összevetettük. Megállapítottuk, hogy a *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex* és *Pinus brutia* növényfajok együttese a klímaigény szempontjából nagymértékben megegyezik a vizsgált öt *Phlebotomus* faj összességével, ezért e három növényfaj együttese a *Leishmania infantum* európai vektorainak indikátoraként szolgálhat a továbbiakban. 1961-1990 képezte klimatikus szempontból a referencia időszakot, projekcióinkat a 2011-2040, valamint a 2041-2070-es időszakokra végeztük el. A potenciális elterjedési területeknek a kirajzolása céljából climate envelope modellt (niche-alapú modellezés, korrelatív modellezést) használtunk. Az éghajlati adatokat a REMO regionális klímamodell szolgáltatta, mely az ECHAM5 globális modell és az IPCC SRES A1B klímaszcenárió alapján készült, és Európát 25 kilométeres felbontású rácshálójával fedi. A következő 36 klímaparamétert használtuk a modellezés során: a 12 hónapnak megfelelően a havi középhőmérsékleteket (T_{mean} , °C), havi minimum-hőmérsékleteket (T_{min} , °C) és havi csapadékösszegeket (P , mm). Ezek mind egyikét harmincéves időszakokra átlagoltuk. Közvetett módon az évszakos periodicitás, a hőösszeg és a vegetáció is a modell részét képezi. Eredményeink azt mutatják, hogy az 5 vizsgált lepkeszűnyog faj jelenlegi és jövőbeli potenciális elterjedési területében jelentős különbségek tapasztalhatók, a referencia-időszakra (1960-1990) modellezett potenciális területet egyik faj sem tölti ki teljes mértékben. A jelenleg kifejezetten a nyugati vagy a keleti mediterrán medencére korlátozó fajok klimatikus igényei nem indokolják geográfiai szegregációjukat, ennek hátterében paleoklimatikus-domborzati tényezők állhatnak. Miközben Nyugat-Európa számára 2 lepkeszűnyog faj (*P. ariasi*, *P. perniciosus*) jelent fenyegetést, addig Magyarország szempontjából mind az 5 faj kolonizációja valószínű. A *Leishmania infantum* parazita előrejelzett elterjedési területe mindenhol elmarad a potenciális vektorok északi elterjedésének méretétől, így hazánkban is, ugyanakkor ezt az eredményt kritikusan kell szemlélni. A *P. ariasi* potenciálisan az észak-magyarországi megyék kivételével az egész országban megjelenhet a 2041-2070-es időszakra, addig a *P. perfliewi* és *P. tobbi* esetében az óceáni hatást kapó, kissé hűvösebb nyarú északnyugati területet nem jelzi alkalmasnak a modell. A *P. perniciosus* potenciális elterjedési területe délnyugat-északkeleti irányba mutató vektor szerint bővíthet, addig a *P. neglectus* esetében a déli megyék tűnnek elsősorban alkalmasnak a megtelepedésre. Az aktivitási periódus hosszának megváltozása is várható: a *P. neglectus* és a *P. perniciosus* esetében a 2041-2070-es periódusig 1 hónap prolongáció várható a potenciális aktivitási időszakot illetően Pécs térségében. Eredményeink megerősítik azt a feltevést, hogy hazánk speciális fekvésének, a Balkán-félsziget felé nyitott jellegének és a 3 domináns éghajlati alakító hatásnak köszönhetően fokozottan érzékeny a klímaváltozás okozta hatások szempontjából. Európa északnyugati területei felé elsősorban Franciaország jelenti a kaput. Magyarország szerepe ebből a szempontból kevésbé tűnik jelentősnek, mivel a domborzat (Kárpátok, Cseh-masszívum) és az Európa keletébe felé jellemző kontinentális klíma megnehezíti a vektorok északra történő terjedését. Modelledményeink megerősítik, hogy a délnyugati magyar megyékben leírt autochton, canine leishmaniasis esetek mögött a vektor lepkeszűnyog-fajok jelenléte áll. Várhatóan a XXI. századra hazánk klímája a vizsgált öt lepkeszűnyog faj mindegyike, valamint a legdélebbi megyékben a parazita számára is megfelelővé válhat. Magyarország egésze 2070-ig a potenciális elterjedési terület részévé válhat (mind az indikátor-, mind a vektorfajok esetén).

Abstract. Leishmaniasis is an emerging parasitic disease which affects the human populations of about 98 countries of the tropical and subtropical world. The vectors of leishmaniasis are *Phlebotomus* (*syn. Laroussius*) species in the Old and *Lutzomya* species in the New World. In South-eastern Europe the southern counties of Hungary form the northern border of the occurrence of the disease, where autochthonous canine leishmaniasis cases were described. The vectors of the disease are very sensitive to the climatic conditions preferring wet, shaded and warm-tempered environments as hollows of trees,

the litter mats or even the building cracks, dunghills and walls of ruins. The northern expansion of the vectors is expected due to the climate change, the consequent milder winters, and the longer and warmer vegetation period. It is plausible that the human leishmaniasis cases will become endemic in Hungary and in many parts of Europe for the end of the 21st century, causing a notable health and veterinary challenge. Our aim was to examine parallel the recent climate requirements and the potential future spatial range of the most important five vector sand flies species of the Mediterranean (*Phlebotomus ariasi* Tonn., *Ph. neglectus* Tonn., *Ph. perfiliewi* Parrot, *Ph. perniciosus* Newst. and *Ph. tobbi* Adler, Theodor et Lourie) and the distribution of three Sub-Mediterranean ligneous plant species, (*Juniperus oxycedrus* L., *Quercus ilex* L. and *Pinus brutia* Ten.) according to the REMO climate model. The interval of 1961-1990 was used as reference period and we modelled the periods of 2011-2040 and 2041-2070. We used climate envelope (niche-based) modelling to gain the recent and the potential future distribution of the species. The climate data were obtained from the regional climate model (RCM) REMO. The model REMO is based on the ECHAM5 global climate model and the IPCC SRES A1B scenario. The horizontal resolution of the grid is 25 km. 36 climatic variables were averaged in the 30-year periods and used by the model: monthly mean temperatures (T_{mean} , °C), monthly minimum temperatures (T_{min} , °C), and monthly precipitations (P, mm). Indirectly, the annual periodicity of the weather, the degree-day and the vegetation also formed the base of the model. The recent distribution of visceral leishmaniasis is restricted to the Mediterranean coastline, mainly to the coastline of the Western Mediterranean Basin. Our model showed that the Eastern Mediterranean area is highly vulnerable to *L. infantum*. The model predicted the potential distribution of the parasite with the sporadic cases in the reference period to be greater than the observed current distribution. Considering the current distribution and the model result, South-eastern Europe and the Carpathian Basin are highly vulnerable areas. The modelled potential distribution seems to be greater in Southeast and East-Central Europe. In the western regions the observed and modelled distributions show more similarities. The aggregated observed and modelled distribution – and the climatic requirements – of *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex* and *Pinus brutia* showed significant resemblance with those of the studied *Phlebotomus* species. Hence it can be stated that these three plant species can serve as climatic indicators of the vectors of *L. infantum*. Expansion seems to be occurred in North-western France, South England and the Carpathian Basin. Our results confirm the occurrence of the autochthonous canine leishmaniasis cases in the southern counties of Hungary. It is plausible that for the end of the 21st century near the whole area of Hungary will be suitable for both of the vectors and the disease.

Irodalmi áttekintés.

A leishmaniasis előfordulása és jelentősége. A világ trópusi és szubtrópusi területein a leishmaniasis az egyik legfontosabb és leggyorsabban elterjedő vektorok által terjesztett fertőző betegség (Solano-Gallego et al., 2003; Serra-Diaz et al., 2002). A betegségnek a korábbi endémiás területekről történő kiáramlása a globalizáció és az ipari forradalom óta megnyilvánuló számos társadalmi és ökológiai hatásnak lehet a következménye (antropogén klímaváltozás, távolsági közlekedés, migráció, háborúk és az immunszuprimált (legyengült immunrendszerű) egyének növekvő száma (Dujardin, 2006; Serra-Diaz et al., 2002). A leishmaniasis jelenleg mintegy 88 országban endémiás (Desjeux and Alvar, 2003), ahol megközelítően 350 millió fő él. Prevalenciáját mintegy 12 millióra becsülik, a betegség éves becsült incidenciája pedig 1,5-2 millió fő. A visceralis tünetekkel járó forma incidenciáját 500 ezer eset/év körüli értékre becsülik. A visceralis leishmaniasis mintegy 62 országban endémiás (Desjeux and Alvar, 2003), és a betegség terjedést mutat (Desjeux, 1996; 2001). A visceralis esetek 90%-a Nepál, Banglades, India, Szudán és Brazília területén fordul elő (Köhler et al., 2002), de fertőzöttnek kell tekintenünk a Földközi-tenger térségét is (Minter, 1989).

Paraziták és vektoraik. A *Leishmania* parazitákat morfológiailag nem lehet egymástól megkülönböztetni, csak monoklonális ellenanyagokkal végzett tesztekkel vagy a DNS vizsgálata alapján. Humán és állatorvosi szempontból a Mediterráneumban két faj jelentős: az emberben elsősorban cutan és kutyákban visceralis megbetegedést is okozni képes *L. infantum* és az emberben főként bőrelváltozásokat okozó *L. tropica*. A *Phlebotomus* nemzetség (lepkeszúnyogok) az elsődleges terjesztői a leishmania parazitáknak az Óvilágban, a *Lutzomyia* fajok Észak- és Dél-Amerikában. A leishmaniasist Európában lepkeszú-

nyogok (Phlebotominae) terjesztik, melyek tipikus mediterrán faunaelemek (ASPÖCK 2008). Az általunk vizsgált öt faj (*Phlebotomus ariasi*, *P. neglectus*, *P. perfiliewi*, *P. perniciosus* és *P. tobbi*) az *L. infantum* terjesztői, többek között (Pickett, 1989). A leishmaniasis különböző formáit területenként eltérő lepkeszúnyog fajok által terjesztett különféle kórokozók okozzák. Az *L. infantum* leggyakoribb terjesztői a *P. ariasi* és a *P. perniciosus* Európában.

Gazdaállatok. A *Leishmania infantum* protozoonok legfontosabb rezervoárjai a kutyák, de rókák, rágcsálók, sőt macskák is hordozhatják a betegséget (Meusel et al., 1965, Nakicenovic and Swart, 2000, Killick-Kendrick, 1990, Slappendel and Teske, 1999, Farkas és Tanczos, 2009). Az erősen fertőzött területeken ember – ember átadás is lehetséges, de figyelmet érdemel a vektor nélküli kutya – kutya közvetlen fertőzés lehetősége is (Peterson et al., 2008). A macskáknak, mint másodlagos gazdaállatoknak is fontos, bár a kutyákhoz mérten kisebb szerep jut a leishmaniasis terjesztésében (Maroli et al. 1988). Az Európai Unióban mintegy 60,2 millió, Magyarországon pedig mintegy 2 856 000 kutya él. A macskák populációja az EU-ban hasonló, mintegy 64,5 millió, Magyarországon pedig 2 240 000 egyed. A lehetséges rezervoárok száma csak ebből a két állatfajból az európai lakosság számának (503,5 millió fő – (FEDIAF, 2010) mintegy 24,7%-a, magyar viszonylatban pedig a lakosság megközelítően 51%-a. Magyarországon a lakosság mintegy 44%-a tart legalább egy kutyát és 28%-a legalább egy macskát. A legalább egy kutyát tartó háztartások százalékát tekintve Csehországot és Romániát (43-43%) megelőzve Magyarország élen áll az EU-ban (FEDIAF, 2010). A fentebbi-ekből látható, hogy Európában, de különösen Magyarországon a rezervoár állatok populációja meglehetősen nagy. A *L. infantum* a visceralis és cutan

leishmaniasis egyik legfontosabb kórokozója kutyákban, macskákban, lovakban és emberekben egyaránt (Pickett, 1989). Dél-Franciaországban a kutyák mintegy 50%-a fertőzött (Thuiller et al., 2004), és Olaszország területének nagy része is fertőzött (Thuiller et al., 2004), pl. Toszkánában kutyák szerológiai vizsgálata alapján akár az állatok 24%-a is fertőzött lehet (Gradoni et al., 1980). A kutya leishmaniasis földrajzi előfordulása a humán visceralis leishmaniasis elterjedéséhez nagyban hasonló (Köhler et al., 2002). A *Phlebotomus* fajoknak szélesebb az elterjedési területe, mint magának a leishmaniasisnak (Slappendel, 1988). Ebből következik, hogy a

Slappendel, 1997). Magyarországon 2007-ben és 2008-ban nem behurcolt leishmaniasis eseteket írtak le kutyákban, Tolna megyében. 8 megye 47 helyszínéből 3 Horvátországgal határos településen és egy É. sz. 47° szélességi körön fekvő helyszínen mutattak ki leishmania fertőzést kutyákból (Farkas et al., 2011). A *P. neglectus* és a *P. perfiliewi* jelenlétét sikerült megerősíteni Magyarországon (Farkas et al., 2011). A leishmaniasis jelenleg terjedőben van Olaszországban, ahol a *P. perniciosus* előretörését figyelték meg távol a tengerparti területektől (Lindgren and Naucke, 2006, Bongiorno, 2003), a *L. infantum* által okozott visceralis



1. ábra: A kutatás során alkalmazott három indikátor növényfaj. A) *Quercus ilex* (magyaltölgy), B) *Juniperus oxycedrus* (vörös tüboróka) és C) *Pinus brutia* (keleti aleppófenyő)

lepkeszúnyogfajok klímaváltozás hatására bekövetkező északi irányú terjedése nem vonja maga után feltétlenül a leishmania paraziták hasonló mértékű expanzióját is.

A klímaváltozás lehetséges hatásai a leishmaniasis elterjedésére. A vektorok által terjesztett betegségek érzékenyek a klimatikus feltételekre (Roekner et al., 2003). Az éghajlatváltozás világszerte egyre nagyobb mértékben módosítja a fajok elterjedését, ideértve a fontos vektor- és gazdafajokét is (González et al., 2010). Ezek a változások a jelenlegi elterjedési területeken a lepkeszúnyog populációk növekedését és észak felé történő migrációját idézhetik elő (De la Roque et al., 2008). A hőmérséklet, a páratartalom, a megfelelő mennyiségű szerves anyagok jelenléte elengedhetetlenek a lepkeszúnyog lárvák fejlődésének szempontjából (Naderer et al., 2006; Köhler et al. 2002). Az emelkedő hőmérséklet szignifikánsan növeli a fertőzött lepkeszúnyogok arányát a populáción belül (Ready, 2008). A humán leishmaniasis szempontjából is az egyik legfontosabb tényező az új leishmaniasis góccok megjelenése a kutya-populációkban (Ferroglío et al., 2005, Lobo et al., 2008). Annak ellenére, hogy például Németország nem számít endémiás területnek a leishmaniasis szempontjából, kutyák és lovak esetében is megfigyeltek nem behurcolt eseteket, ezért nem kizárt, hogy kisebb góccokban létezhetnek önfenn tartó kórokozó populációk kevésbé kedvező klímájú területeken is. A kedvező mezoklimájú területek elszigetelt endémiás gócai egy későbbi összefüggő elterjedési terület alapját jelenthetik (Killick-Kendrick, 1990, Maroli et al., 2008). Több esetben leírták mediterrán területekről importált vagy nyaralásból hazavitt kutyák leishmania-fertőzését (Skov and Svenning, 2004, Diaz-Espineira and

leishmaniasisal párhuzamosan (Lobo et al., 2008). Olaszországban a lepkeszúnyogok inváziója a kontinentálisabb területek felé mind passzív terjedéssel az endémiás területekről, mind pedig migrációval történhetett, hiszen földrajzi akadályok nem húzódtak az újonnan meghódított és már korábban is endémiásnak számító területek között (Ferroglío et al., 2010). Több különböző klimatikus modellvizsgálat azt mutatta, hogy a XXI. század végére Közép-Európában a leishmaniasis endémiássá válhat (Peterson et al., 2008; Fischer et al., 2010; Fischer et al., 2011). Nem csak Európában, de Észak-Amerikában is valós probléma a leishmaniasis előretörése (González et al., 2010).

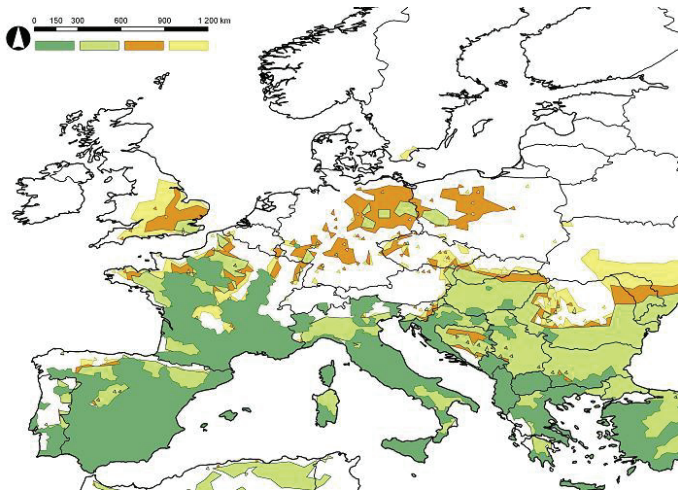
Anyag és módszer

Elterjedési és éghajlati adatok

Adatforrások. A vizsgálatba vont lepkeszúnyogok és indikátorfajok (1. ábra) a következők: *P. ariasi* Tonn. (syn. *Larrousius a.*), *P. neglectus* Tonn. (syn. *Larrousius n.*), *P. perfiliewi* Parrot (syn. *Larrousius p.*), *P. perniciosus* Newst. (syn. *Larrousius p.*) és *P. tobbi* Adler, Theodor et Lourie (syn. *Larrousius t.*), valamint *Juniperus oxycedrus* L. (vörös tüboróka), *Pinus brutia* Ten. (keleti aleppófenyő), és *Quercus ilex* L. (magyaltölgy).

Az adatok előkészítése. A lepkeszúnyogok elterjedési térképét (Tutin et al., 1964), valamint a *Juniperus oxycedrus*, *Pinus brutia* és *Quercus ilex* areatérképét (Trotz-Williams and Trees, 2003; EUFORGEN, 2012; Marty et al., 2007) digitalizáltuk (a nyomtatott és pixelgrafikus állományokat vektorgrafikussá alakítottuk). Ehhez a térképek georeferálására volt szükség (harmadrendű polinomiális transzformációval). A különböző lepkeszúnyogfajok 2008-2012 között észlelt előfordulá-

sai az Európai Unió harmadik szintű közigazgatási egységei, a NUTS3-régiók szerint álltak rendelkezésünkre,

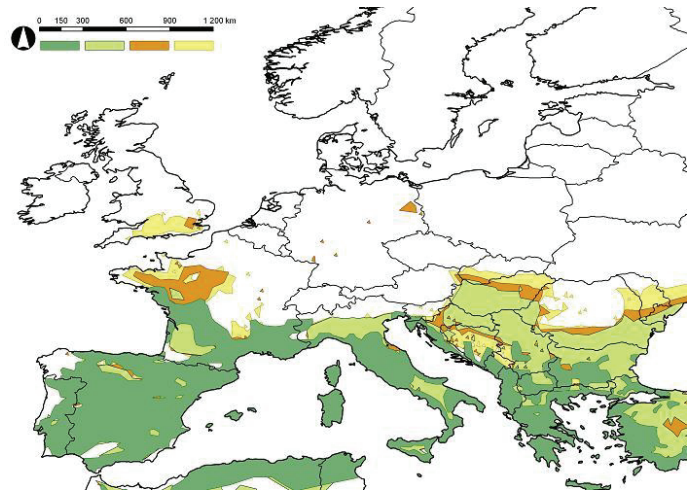


2. ábra: Az öt vizsgált *Phlebotomus* faj elterjedési területének uniója (sötétzöld), az unióra vonatkozó potenciális elterjedési terület a referencia-időszakban (világoszöld) és a modellezett potenciális elterjedési terület 2011-2040-ben (narancssárga) és 2041-2070-ben (citromsárga)

ezért saját térképünk létrehozásához vektorgrafikus közigazgatási határokat (GISCO, 2012) használtunk fel. A vektorok és indikátor növényfajok esetében is végül jelenlét/hiány (presence/absence, 1/0 bináris) térképeket hoztunk létre.

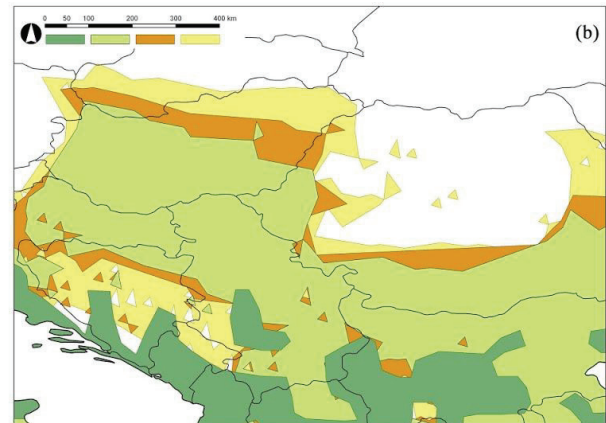
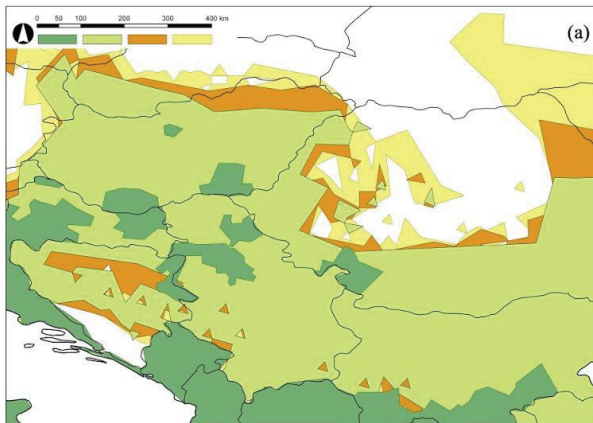
Az éghajlati modell. Az éghajlati adatokat a REMO re-

a modellezés során: havi középhőmérsékletek (T_{mean} , °C), havi minimum-hőmérsékletek (T_{min} , °C) és havi csapa-



3. ábra: A három indikátor növényfaj (*Juniperus oxycedrus*, *Pinus brutia*, *Quercus ilex*) elterjedési területének uniója (sötétzöld), az unióra vonatkozó potenciális elterjedési terület a referencia-időszakban (világoszöld) és a modellezett potenciális elterjedési terület 2011-2040-ben (narancssárga) és 2041-2070-ben (citromsárga)

dékösszegek (P, mm). Ezek mindegyike a harmincéves időszakokra lett átlagolva. Közvetett módon az évszakos periodicitás, a hőösszeg és a vegetáció is a modell részét képezi. A szakirodalomban egyelőre nincs megegyezés azzal kapcsolatban, hogy a vegetáció nélkül a klíma önmagában elegendő-e a vektorok potenciális elterjedésének modellezésére (Dormann, 2007; v.ö. Solano-



4. ábra: A lepkeszűnyogokra (a) és az indikátor növényfajokra (b) készült modelleredmények kárpát-medencei kivágatának összevetése

gionális klímamodell szolgáltatotta, mely az ECHAM5 globális modell (Ready, 2010, Rioux et al., 1986) és az IPCC SRES A1B klímascenário alapján készült, és Európát 25 kilométeres felbontású rácshálójával fedi. Az A1B scenário gyors gazdasági növekedéssel és a Föld népességének századközepe tetőzésével számol, továbbá innovatív és hatékony technológiák megjelenését várja (Moreno and Alvar, 2002). A REMO modell területi kiterjedéséből (32300 pont) kutatásunkba 25724 pontot vontunk be. A következő 36 klímamodellparamétert használtuk

Gallego; 2011, Colacicco et al., 2010; Ibáñez et al., 2006). Fontos továbbá, hogy a szélsőségek feltehetően a klimatikus átlagoknál nagyobb jelentőséggel bírnak a fajok elterjedésének limitálásában (Killick-Kendrick, 1987), sajnos azonban ilyen adatok nem álltak rendelkezésünkre a jövőbeli periódusokból.

Modellezés. Kutatásunk során az adatok statisztikai előfeldolgozáson estek át, amivel az elterjedési térképek kis horizontális felbontásából és a tévesen bekerült klímadatakból adódó pontatlanságokat sikerült mérsékelni

az adatsorok néhány percentilisének elhagyásával. Microsoft Excel 2010 és PAST statisztikai program (Hammer *et al.*, 2001) segítségével, iteratív modellezés futtatásával megállapítottuk, hogy a középhőmérsékletek alsó és felső 5-5, a minimum-hőmérsékletek alsó és felső 2-2, a csapadékok alsó 0 és felső 8 percentilisének elhagyásával kapjuk a legmegbízhatóbb modellt.

A vázolt modellkalibrációs módszer hasonlít az ROC/AUC statisztikára, mely a valós pozitív és a téves pozitív esetek arányát vizsgálja (Hanley and McNeil, 1982), s így az arra tett észrevételek (Lindgren *et al.*, 2008) vonatkoztathatók az általunk használt módszerre is. Térinformatikai szoftver (ESRI ArcGIS) segítségével a vizsgált *Phlebotomus* vektorok, valamint növényfajok elterjedési területén a referencia-időszak (1961–1990) alatt az elterjedési területen jellemző éghajlati paramétereket listáztuk, majd a megfelelő számú percentilis elhagyásával e módosított paraméterek együttállását kerestük a referencia-időszakbeli (validálás) és jövőbeli (projekció) klímadatsorokban. Modellezési módszerünk egyfajta éghajlat-burkológörbe-modellezés (ÉBM, climate envelope model, CEM, további ismert nevei niche-alapú modellezés, korrelatív modellezés), melynek lényege, hogy az éghajlat hatását a fajok elterjedésére oly módon vizsgálja, hogy a jelenlegi elterjedési területen fellelhető klímaértékek köré burkológörbét húz, majd a jövőbeli időszakban megkeresi azokat a területeket, melyek klímája e tartományba esik (Harrison *et al.*, 2006, Hughes, 2000). A mechanisztikus modellekkel ellentétben az ÉBM statisztikai összefüggést keres az éghajlati paraméterek és az elterjedések között (Guisan and Zimmermann, 2000, Elith and Leathwick, 2009), és rejtetten a vizsgált változók referencia-időszakbeli térbeli kapcsolatából azok későbbi időbeli kapcsolatára következtet (Pennisi, 2002). A módszer feltételezi, hogy a (referencia-időszakbeli és jövőbeli) elterjedést egyaránt (és azonos módon) a klíma határozza meg (Czúcz, 2010), ami csak fenntartásokkal fogadható el (Shaw, 2007).

Eredmények. A jelenlegi elterjedési területek alapján az öt vizsgált lepkeszúnyog uniójára és a három indikátor növényfaj uniójára meghatároztuk a klimatikus limitáló értékeket mind a 36 éghajlati paraméter esetén. E határértékek jellemzik az éghajlati toleranciát, és segítségükkel modellezhető a potenciális elterjedési terület. A táblázatban szereplő értékek nem azonosak a valós elterjedési területen megfigyelhető szélsőértékekkel, hanem attól a korábbiakban megadott számú percentilisnyivel a medián felé közelítő értékek.

Lepkeszúnyogok várható elterjedése. A vizsgált öt lepkeszúnyog faj jelenlegi elterjedési területe (2. ábra) az európai mediterrán klímaterületet, valamint Franciaország nagy részét és az elterjedés északi határain szubmediterrán klímájú területeket foglal magába. Ezzel szemben a referencia-időszakra modellezett potenciális elterjedési területük Délkelet- és Közép-Kelet-Európában lényegesen nagyobbak mutatkozik a jelenleginél. A nyugati areában a ténylegesen észlelt elterjedés nagyobb mértékben lefedi a potenciális területet. Az első jövőbeli 30 éves periódusra a modell elsősorban Anglia és Közép-Európa esetében jelzi a potenciális elterjedési terület nö-

vekedését. 2041-2070 között főként Nagy-Britannia és a Fekete-tenger északi partvidéke mentén jelzi az elterjedési terület nagyobb fokú bővülését.

Indikátor növényfajok várható elterjedése. A *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex* és *Pinus brutia* együttese a jelenlegi elterjedési területe, modellezett potenciális elterjedési területe és klímaigénye szempontjából is nagymértékben megegyezik a vizsgált öt *Phlebotomus* faj összességével, ezért e három növényfaj együttese a *L. infantum* európai vektorainak indikátoraként szolgálhat a továbbiakban.

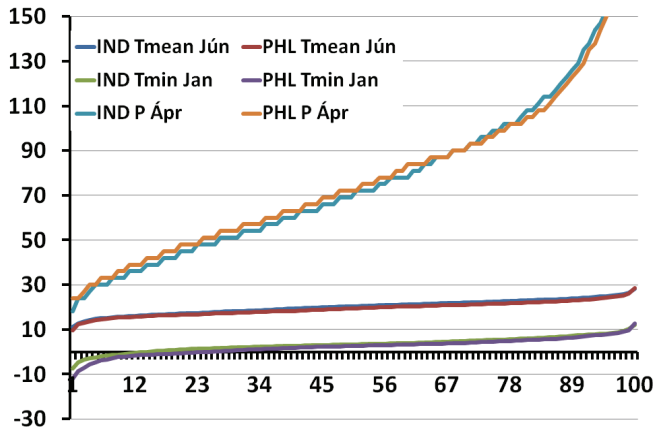
A három vizsgált indikátor növényfaj az elterjedése (3. ábra) alapján az olyan területeket részesíti előnyben, ahol a téli középhőmérséklet jellemzően nem csökken 0 °C alá, habár ismert, hogy hidegtűrő képességük ennél lényegesen nagyobb. Az USDA zónabeosztás szerint a *Juniperus oxycedrus* és *Quercus ilex* téltűrése mintegy -17,7 °C, a *Pinus brutia* fenyőé mintegy -12,2 °C. A referencia-időszakra modellezett elterjedési terület azonban főként Európa keleti felén jóval nagyobb: -1 – -2 °C-os januári átlaghőmérsékletű területeket is magában foglal. A két jövőbeni 30 éves periódusra modellezett elterjedési területük jelentősen nem nagyobb a jelenlegi klímára modellezettnél: Északnyugat-Franciaország, Dél-Anglia és a Kárpát-medence esetében lehetséges a modell szerint az elterjedési területük kisebb mértékű növekedése.

Következtetések

Fás növények mint indikátorok. A növények a legérzékenyebb és legtöbb szempontból használható klímaindikátorok. Környezeti érzékenységük komplexitását magyarázza, hogy helyhez kötött, saját hőtermelésre nem képes élőlények. A saját mozgásra képes állati szervezetek, mint például a lepkeszúnyogok, megfelelő menedékekbe húzódva olyan szélsőségeket képesek elkerülni, melyek elviselésére pusztán fiziológiai szempontból nem alkalmasak. A lepkeszúnyogok át tudnak telelni ember által alkotott és természetes búvóhelyeken. A növények számára mindez a lehetőség nem adott, így bármely klimatikus paraméter közvetlenül és abszolút mértékben érzékelteti hatását elterjedési területükön. Vizsgálatunk alapjául fás szárú taxonokat választottunk, melyek számos légyszárú növényfajjal szemben nem képesek gyorsan reagálni a klíma néhány éves léptékű változásaira. Ez azt jelenti, hogy a meteorológiai paraméterek szélsőségeinek közép- és hosszú távú ingadozása erősen befolyásolja azt, hogy mely területeken fordulhatnak elő természetes úton és mely területre telepíthetők biztonsággal további fenntartási beavatkozások nélkül. Ez azért fontos, mert jelen elterjedési területük alapján jól modellezhető környezeti igényeik. A növények, mint klímaindikátorok használata lehetséges – szemben a parazita rovarfajokkal –, hiszen telepítésük az új környezetbe ellenőrzött körülmények között nem jár kockázattal. Előzetes tájékozódásunk során úgy találtuk, hogy egyes lepkeszúnyog fajok elterjedése nagyon hasonló néhány tipikus mediterrán növényfaj elterjedési területéhez.

A megfelelő indikátorfajok kiválasztásakor elsődleges célunk volt, hogy azok klímaigényei hasonlítsanak a lepkeszúnyogok klímaigényeihez. A mai mediterrán növényfajok elődei a lepkeszúnyogokkal megegyezően me-

leg, többnyire fagymentes klímához szoktak. A mediterrán hegyvidéki fajok nem bizonyulnak jó indikátornak, mivel ezek többsége komoly téltűrővel rendelkezik (pl. *Picea omorika*, *Pinus nigra*, *Pinus leucodermis*), aminek fauatörténeti okai vannak. Mindezért elsősorban a Földközi-tenger nyugati medencéjének és tengerparti területeinek növényeiből választottunk, eltekintve Kis-Ázsia, valamint a Balkán flórájától.



5. ábra: Három éghajlati paraméter (júniusi középhőmérséklet, januári minimum-hőmérséklet, áprilisi csapadékösszeg) eloszlásfüggvénye a lepkeszúnyogok (PHL) és indikátoraik (IND) esetén

Növények elterjedése és a klíma. A klímaváltozás hatására a növények fiziológiai, fenológiai és genetikai tulajdonságai, elterjedése, valamint az ökológiai rendszerek stabilitása is változik várhatóan a jövőben (Hijmans and Graham, 2006, Killick-Kendrick and Killick-Kendrick, 1987). Az elterjedési terület lehetséges megváltozását számos kutatás vizsgálta, többek között európai fajokra is (Bakkenes et al., 2006; Berry et al., 2006; Hanson, 1961; Naucke, 2002; Bede-Fazekas, 2012; Rogers and Randolph, 2006). Az állatfajokkal ellentétben a növények számára az éghajlati tényezők mellett a talajadottságok is jelentős limitáló tényezők lehetnek, ezért fontosnak tartottuk megvizsgálni a kiválasztott három indikátorfaj talajok iránti toleranciáját. Az indikátorok elterjedési területén számos különböző talajtípus figyelhető meg: leptosolok, regosolok, luvisolok, cambisolok, calcisolok, fluvisolok, vertisolok, umbrisolok (FAO-UNESCO, 1971). A fentiek alapján – leszámítva a tajga-, a tundra- és a váztafaj-típusokat, valamint a csernozjom talajokat – minden Közép- és Nyugat-Európára jellemző talajtípus megfigyelhető az indikátor növények áréáján, tehát feltételezhető, hogy a talaj minősége nem jelent a jövőben e fajok számára komoly korlátozó tényezőt.

A vektorok és indikátoraik éghajlati igényeinek hasonlósága. A kiválasztott indikátor növényfajok klímaigényének hasonlósága jól becsülhető a valós, és főként a modellezett elterjedési területek közötti összefüggésből. Az első és második harmincéves periódusra a növényi indikátorok és a vektorok elterjedési területének bővülése hasonló képet mutat, azonban a lepkeszúnyogok előre jelzett elterjedési területe felülmúlja az indikátor növényekét, elsősorban Közép-Európában, Németországban és Lengyelországban. A vektorokra készített modell érdekessége, hogy Németország, Dél-Anglia és Lengyelor-

szág egy-egy elszigetelt területén a referencia-időszakra is potenciális elterjedési területet jelez, mellyel összecseng, hogy valóban jelentettek feltehetően nem behurcolt eseteket Németország területéről (Fischer et al., 2010, Thomas, 2010). A Kárpát-medencére és Kelet-Európára jól közelíti az indikátorfajokra készült modelleredmény a vektorok modelleredményét (4. ábra). A Kárpát-medencében a növekvő téli átlaghőmérséklet ÉNy-DK-i irányú izotermájának megfelelően rajzolódna ki a modellezett potenciális elterjedési területek, határok. A lepkeszúnyogok és az indikátornövények potenciális elterjedésének északi határa mintegy 50–150 km különbséget mutat, az eltérés a Kárpát-medence keleti határa felé haladva nő. Kelet-Európában az izotermák és az elterjedési határok Ny-K-i irányúak, a lepkeszúnyogok és indikátoraik közti különbség pedig a Kárpáttól keletre nagyobb, mint a Kárpát-medencében. Az indikátorfajok megjelenése Erdélyben a távolabbi jövőbeli időszakban a modelleredmények szerint kevésbé lesz jelentős. Észak-Bosznia-Hercegovinában a vektorok várhatóan 2040-ig, míg az indikátorfajok csak az után jelennek meg. Az indikátorfajok kiválasztásának megalapozottságát az eredmények statisztikai értékelésével támasztottuk alá. A Cohen-féle kappa (Cohen, 1960) értékét négyféle módon számítottuk, a valós elterjedési terület és a referencia-időszakra modellezett potenciális elterjedési terület átfedései alapján. Érdekes módon az indikátorfajok valós és modellezett elterjedése között nagyobb összefüggés mutatkozott, mint a lepkeszúnyogok valós és modellezett elterjedési területe között. A kiválasztott három növényfaj indikációs képességét jelzi, hogy az indikátorfajok valós és a vektorok modellezett elterjedési területe közti összefüggés alig marad el az előző értéktől. Az indikációs képességet bizonyítja továbbá, hogy a lepkeszúnyogok és indikátorfajok valós elterjedési területe közti összefüggésnél (0,6057) lényegesen nagyobb a modellezett elterjedési területek közti összefüggés (0,7938), vagyis az indikátor növényfajok és a vektorok éghajlati igényében nagyobb a hasonlóság, mint azt az elterjedési területek alapján várni lehetne. E hasonlóság az egyes klímaparaméterek esetén az eloszlásfüggvények összevetésekor is kirajzolódik. Példaként a felhasznált 36 klímaparaméterből három (júniusi középhőmérséklet, januári minimum-hőmérséklet és áprilisi csapadék) eloszlásfüggvényét vetítettük egymásra (5. ábra). Összességében elmondható, hogy a *Juniperus oxycedrus*, *Quercus ilex* és *Pinus brutia* együttese a *L. infantum* európai vektorainak jó indikátora, ezért ahol e fajok valamelyikének fiatal példánya téli védelem nélkül rendszeresen áttelel, ott nagy valószínűséggel számíthatunk a vizsgált lepkeszúnyogok megjelenésére. Így Magyarország mind inkább veszélyeztetettnek tűnik, és ez a vektor jelenleg megfigyelhető térhódításával összecseng.

Köszönetnyilvánítás. A szerzők köszönettel tartoznak Páldy Annának a vektorokkal kapcsolatos, Horváth Leventének a térinformatikai és modellezési, míg Bobvos Jánosnak és Hufnagel Leventének a modellezési módszertani segítségnyújtásért. A kutatást a TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0005 és TÁMOP-4.2.2/A-11/1/KONV-2012-0064 projektek támogatták. Az

ENSEMBLES-adatokat az Európai Unió FP6-ENSEMBLES integrált projektje finanszírozta, melyet hálasán köszönünk.

Irodalom

- Alvar, J. and Cañavate, C., 2004: Canine leishmaniasis. *Advances in Parasitology* 57, 1–88
- Aspöck, H., and Gerersdorfer, T., 2008: Sandflies and sandfly-borne infections of humans in Central Europe in the light of climate change. *Wiener klinische Wochenschrift* 120, 24–29
- Bakkenes, M., Eickhout, B. and Alkemade, R., 2006: Impacts of different climate stabilisation scenarios on plant species in Europe. *Global Environmental Change* 16, 19–28
- Bede-Fazekas Á., 2012: Melegigényes disztrikció telepíthetőségi területek előrejelzése a 21. századra. Diplomamunka, *Budapesti Corvinus Egyetem, Tájékoztatói Kar*, Budapest
- Berry, P. M. et al., 2006: Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation. *Environmental Science & Policy* 9, 189–204
- Bongiorno, G. et al., 2003: Host preferences of phlebotomine sand flies at a hypoendemic focus of canine leishmaniasis in central Italy. *Acta Trop.* 88, 109–116
- Cohen, J., 1960: A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20, 37–46
- Colacicco-Mayhugh, M. G., Masuoka, P. M. and Grieco, J. P., 2010: Ecological niche model of *Phlebotomus alexandri* and *P. papatasi* (Diptera: Psychodidae) in the Middle East. *International Journal of Health Geographics* 9, 2
- Czúcz, B., 2010: Az éghajlatváltozás hazai természetközeli élőhelyekre gyakorolt hatásainak modellezése. Doktori értekezés. *Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar*, Budapest
- De la Roque, S., Rioux, J. A., and Slingenbergh, J., 2008: Climate change: Effects on animal disease systems and implications for surveillance and control. *Revue Scientifique Et Technique. International Des Epizooties* 27, 3–54
- Desjeux, P., 1996: Leishmaniasis: public health aspects and control. *Clinics in Dermatology* 14, 417–423
- Desjeux, P., 2001: The increase in risk factors for leishmaniasis worldwide. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 95, 239–243
- Desjeux, P. and Alvar, J., 2003: Leishmania/HIV co-infections: epidemiology in Europe. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology* 97, 1–15
- Diaz-Espineira, M. M. and Slappendel, R. J., 1997: A case of autochthonous canine leishmaniasis in The Netherlands. *Vet Q.* 19, 69–71
- Dormann, C. F., 2007: Promising the future? Global change projections of species distributions. *Basic and Applied Ecology* 8, 387–397
- Dujardin, J. C., 2006: Risk factors in the spread of leishmaniasis: towards integrated monitoring? *Trends Parasitol.* 22, 4–6
- Elith, J. and Leathwick, J. R., 2009: Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40, 677–697
- EUFORGEN, 2012: Distribution map of *Brutia* pine (*Pinus butia*). www.euforgen.org/distribution_maps.html
- FAO-UNESCO, 1971: Soil Map of the World., 1:500 000. Food and Agriculture Organization, *United Nations, Rome and Paris*
- Farkas R. és Tanczos B., 2009: A kutya leishmaniosisa és jelentősége Európában. Irodalmi áttekintés. *Magyar Állatorvosok Lapja* 131, 304–312
- Farkas, R., Tanczos B., Bongiorno, G., Maroli, M., Dereure, J. and Ready, P. D., 2011: First surveys to investigate the presence of canine leishmaniasis and its phlebotomine vectors in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Dis.* 11, 823–834
- FEDIAF, 2010: Facts & Figures. www.fediaf.org/facts-figures
- Ferroglio, E. et al., 2005: Canine leishmaniasis, Italy. *Emerg. Infect Dis.* 11, 1618–1620
- Ferroglio, E. et al., 2010: Distribution of *Phlebotomus perniciosus* in North-Italy: A study on 18S rDNA of phlebotomine sand flies. *Veterinary Parasitology* 170, 127–130
- Fischer, D. et al., 2011: Combining climatic projections and dispersal ability: a method for estimating the responses of sandfly vector species to climate change. *PLoS Negl Trop Dis.* 11, e1407
- Fischer, D., Thomas, S. M. and Beierkuhnlein, C., 2010: Temperature-derived potential for the establishment of phlebotomine sandflies and visceral leishmaniasis in Germany. *Geospatial Health* 5, 59–69
- GISCO, 2012: EUROSTAT (European Commission). epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/gisco Geographical information maps/popups/references/administrative units statistical units 1
- González, C. et al., 2010: Climate change and risk of leishmaniasis in north america: predictions from ecological niche models of vector and reservoir species. *PLoS Negl Trop Dis.* 19, e585
- Gradoni, L. et al., 1980: Leishmaniasis in Tuscany, Italy. III. The prevalence of canine leishmaniasis in two foci of Grosseto Province. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 74, 421–422
- Guisan, A. and Zimmermann, N. E., 2000: Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135, 147–186
- Hammer, R., Harper, D. A. T. and Ryan, P. D., 2001: PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4, 9
- Hanley, J. A. and McNeil, B. J., 1982: The meaning and use of area under a receiver operating characteristics (ROC) curve. *Radiology* 143, 29–36
- Hanson, W. J., 1961: The Breeding Places of *Phlebotomus* in Panama (Diptera, Psychodidae). *Annals of the Entomological Society of America* 54, 317–322
- Harrison, P. A. et al., 2006: Modelling climate change impacts on species' distributions at the European scale: implications for conservation policy. *Environmental Science & Policy* 9, 116–128
- Hijmans, R. J. and Graham, C. H., 2006: The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Global Change Biology* 12, 2272–2281
- Hughes, L., 2000: Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution* 15, 56–61
- Ibáñez, I. et al., 2006: Predicting Biodiversity Change: Outside the Climate Envelope, beyond the Species-Area Curve. *Ecology* 87, 1896–1906
- Killick-Kendrick, R. and Killick-Kendrick, M., 1987: The laboratory colonization of *Phlebotomus ariasi* (Diptera, Psychodidae). *Ann Parasitol Hum Comp.* 62, 354–356
- Killick-Kendrick, R., 1990: Phlebotomine vectors of the leishmaniasis: a review. *Medical and Veterinary Entomology* 4, 1–24
- Köhler, K. et al., 2002: Cutaneous leishmaniasis in a horse in southern Germany caused by *Leishmania infantum*. *Vet Parasitol.* 16, 9–17
- Lindgren, E., Naucke, T. and Menne, B., 2008: Climate Variability and Visceral Leishmaniasis in Europe. WHO/TDR Working paper for the Scientific Working Group meeting on Leishmaniasis Research, convened by the *Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases*. Geneva
- Lindgren, E. and Naucke, T., 2006: Leishmaniasis: Influences of Climate and Climate Change Epidemiology, Ecology and Adaptation Measures. In: Menne, B. and Ebi, K.L.: Climate change and adaptation strategies for human health. *Steinkopff Verlag Darmstadt*, 131–156
- Lobo, J. M., Jimenez-Valverde, A., Real, R., 2008: AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography* 17, 145–151
- Maroli, M., et al., 1988: Natural infections of phlebotomine sandflies with *Trypanosomatidae* in central and south Italy. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg.* 82, 227–228
- Maroli, M., et al., 2008: The northward spread of leishmaniasis in Italy: evidence from retrospective and ongoing studies on the canine reservoir and phlebotomine vectors. *Trop Med Int Health* 13, 256–264
- Marty, P., et al., 2007: A century of leishmaniasis in Alpes-Maritimes, France. *Ann Trop Med Parasitol.* 101, 563–574
- Meusel, H., Jäger, E. J. and Weinert, E., 1965: Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Band I. (Text und Karten). *Fischer-Verlag*, Jena
- Minter, D. M., 1989: The leishmaniasis. In: Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vectors. *WHO (document WHO/VBC/89.967)*, Geneva
- Moreno, J. and Alvar, J., 2002: Canine leishmaniasis: epidemiological risk and the experimental model. *Trends in Parasitology* 18, 399–405
- Naderer, T. et al., 2006: Virulence of *Leishmania major* in macrophages and mice requires the gluconeogenic enzyme fructose-1,6-bisphosphatase. *PNAS* 103, 5502–5507

- Nakicenovic, N. and Swart, R. (eds), 2000: Emissions Scenarios. *Cambridge University Press*, Cambridge
- Naucke, T. J., 2002: Leishmaniosis, a tropical disease and its vectors (Diptera Psychodidae, Phlebotominae) in Central Europe. *Denisia* 6, 163–178
- Pennisi, M. G., 2002: A high prevalence of feline leishmaniosis in southern Italy. In Killick-Kendrick, R. (ed.), *Canine leishmaniosis: moving towards a solution. Proceedings of the Second International Canine Leishmaniosis Forum Seville, Spain. Intervet International, Boxmeer*, The Netherlands, 9–48
- Peterson, A. T. et al., 2008: Shifting Global Invasive Potential of European Plants with Climate Change. *PLoS ONE* 3, e2441
- Pickett, S. T. A., 1989: Space-for-time substitution as an alternative to long-term studies. In Likens, G.E. (ed.) *Long-Term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives. Springer*, NY, 10–135
- Ready, P. D., 2008: Leishmaniosis emergence and climate change. *Rev Sci Tech* 27, 399–412
- Ready, P. D., 2010: Leishmaniosis emergence in Europe. *Euro Surveill* 15, 19505
- Rioux, J. A. et al., 1986: Ecology of leishmaniosis in the south of France. 21. Influence of temperature on the development of *Leishmania infantum* Nicolle, 1908 in *Phlebotomus ariasi* Tonnoir, 1921. Experimental study. *Ann Parasitol Hum Comp* 60, 221–229
- Roeckner, E., et al., 2003: The atmospheric general circulation model ECHAM 5. Part I: Model description. *Max-Planck-Institut für Meteorologie*, Hamburg, Germany
- Rogers, D. J. and Randolph, S. E., 2006: Climate Change and Vector-Borne Diseases. *Advances in Parasitology* 62. 345–381
- Serra-Diaz, J. M., Ninyerola, M. and Lloret, F., 2002: Coexistence of *Abies alba* (Mill.) – *Fagus sylvatica* (L.) and climate change impact in the Iberian Peninsula: A climatic-niche perspective approach. *Flora - Morphology, Distribution. Functional Ecology of Plants* 207, 10–18
- Shaw, J., 2007: The leishmanioses – survival and expansion in a changing world. *A mini-review. Mem. Inst. Oswaldo Cruz* 102, 541–547
- Skov, F. and Svenning, J. C., 2004: Potential impact of climatic change on the distribution of forest herbs in Europe. *Ecography* 27, 366–380
- Slappendel, R. J. and Teske, E., 1999: A review of canine leishmaniosis presenting outside the endemic areas. In Killick-Kendrick, R.: *Canine Leishmaniosis: an Update, Hoechst Rousse*, Barcelona, 54–59
- Slappendel, R. J., 1988: Canine leishmaniosis. A review based on 95 cases in The Netherlands. *Vet Q* 10, 1–16
- Solano-Gallego, L. et al., 2003: Cutaneous leishmaniosis in three horses in Spain. *Equine Vet J* 35, 320–323
- Solano-Gallego, L., et al., 2011: The distribution of canine *L. infantum* infection in Europe. *Parasites & Vectors* 4, 86
- Thuiller, W., Araújo, M. B. and Lavorel, S., 2004: Do we need land-cover data to model species distributions in Europe? *Journal of Biogeography* 31, 353–361
- Trotz-Williams, L. A. and Trees, A. J., 2003: Systematic review of the distribution of the major vector-borne parasitic infections in dogs and cats in Europe. *Veterinary Record* 152, 97–105
- Tutin, T. G. et al., 1964: *Flora Europaea. Cambridge University Press*, Cambridge, UK
- Yeates, D. K., 2002: Relationships of the lower Brachycera (Diptera): A quantitative synthesis of morphological characters. *Zool. Scripta* 31. 105–121
- Yeates, D. K., 1994: The cladistics and classification of the Bombyliidae (Diptera: Asiloidea). *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 219. 1–191



A Cholnoky szobor Veszprémben, a róla elnevezett iskola előtt. Jobb oldalt Rybár Olivér a szoborállítás kezdeményezője, mellette Prof. dr. Hevesi Attila egyetemi tanár, a szobor bal oldalán Cholnoki Tamás nyugdíjas mérnök, Jenő unokája. 2014. június 14. Beszámoló a szoboravatásról lapunk 65. oldalán olvasható.