

A klímaváltozás hatása a canine leishmaniasis vektorainak és azok növényi indikátorainak elterjedésére

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

¹Országos Környezetegészségügyi Intézet,

²Semmelweis Egyetem, Budapest

³Corvinus Egyetem, Tájépítészeti Kar, Budapest

atrajer@gmail.com

ABSZTRAKT

A leishmaniasis a trópusi és meleg mérsékelt öv mintegy 98 országát érintő parazitás betegség, mely jelenleg terjedőben van. Terjesztői a Phlebotominae alcsaládba tartozó lepkeszúnyogok (*Phlebotomus*ok, 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 lepkeszúnyog 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 lepkeszúnyog 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 a volt, hogy jelen geográfiai elterjedésük alapján megismerjük a visceralis kórtani formát vagy kala-azart okozó *Leishmania infantum* parazitát terjesztő 5 legfontosabb Phlebotomus faj (*Phlebotomus ariasi*, *P. neglectus*, *P. perfiliewi*, *P. perniciosus*, *P. tobbi*) és maga, a *Leishmaniasis infantum* klímaigényeit és ennek használatával megbecsüljük a fajok jövőben várható potenciális elterjedési területét a REMO klímamodell szerint. A választott lepkeszúnyog 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 modelt (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 rácshálóval fedi. A következő 36 klímaparamétert használtuk a modellezés során: a 12 hónapnak megfelelően a havi középhőmérsékleteket (Tmean, °C), havi minimum-

hőmérsékletk (Tmin, °C) és havi csapadékösszegeket (P, mm). Ezek mindegyike a harmincéves időszakokra lett átlagolva. Közvetett módon az évszakos periodicitás, a hőösszeg és a vegetáció is a modell részét képezi. Eredményeink azt mutatják, hogy a 5 vizsgált lepkeszúnyog 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 korlátozódó fajok klimatikus igényei nem indokolják geográfiai szegregációjukat, ennek hátterében paleoklimatikus-domborzati tényezők állhatnak. Miközben Nyugat-Európa számára 2 lepkeszúnyog faj (*P. ariasi*, *P. perniciosus*) jelent fenyegetést, addig Magyarország szempontjából mind az 5 faj kolonizációja valószínű. A *Leishmania infantum* parazita prediktált elterjedési területe mindenhol elmarad a potenciális vektorok északi elterjedésének méretétől, így hazánkba 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 keletebbi felére jellemző kontinentális klíma megnehezíti a vektorok északra történő terjedését. Modelleredményeink megerősítik, hogy a délnyugati magyar megyékben leírt autochton, canine leishmaniasis esetek mögött a vektor lepkeszúnyog fajok jelenléte áll. Várhatóan a XXI. századra hazánk klímája a vizsgált öt lepkeszúnyog 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).

1. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

1.1. A leishmaniasis előfordulása és jelentősége

A világ trópusi és szubtrópusi területein a leishmaniasis az egyik legfontosabb és leggyorsabban előretörő vektorok által terjesztett fertőző betegség (Solano-Gallego et al. 2003, Serra-Diaz 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 egyének növekvő száma (Dujardin 2006, Serra-Diaz 2002). A leishmaniasis jelenleg mintegy 88 országban endémiás (Desjeux and Alvar 2003), ahol megközelítően 350 millió fő él. Prevalenciája mintegy 12 millióra becsülik, a betegség éves becsült incidenciája pedig 1,5-2 millió fő (Desjeux 2001). A visceralis tünetekkel járó forma incidenciáját 500 ezer eset/év körüli értékre becsülik (Desjeux 2001). A visceralis leishmaniasis mintegy 62 országban endémiás (Desjeux and Alvar 2003), és a betegség terjedést mutat (Desjeux 1996). A visceralis esetek 90%-a Nepál, Banglades, India, Szudán és Brazília

területén fordul elő (Köhler and Stechele), de fertőzöttnek kell tekintenünk a Földközi-tenger térségét is (Miner 1989).

1.2. 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 jeletős: 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 *Lutzomya* fajok Észak- és Dél-Amerikában. A leishmaniasist Európában lepkeszúnyogok (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.

1.3. Gazdaállatok

A *Leishmania infantum* protozoonok legfontosabb rezervoárjai a kutyák (Moreno and Alvar 2002, Shaw et al. 2003, Alvar and Cañavate 2004), de rókák, rágcsálók, sőt macskák is hordozhatják a betegséget (Meusel 1965, Nakicenovic and Swart 2000, Killick-Kendrick 1990, Slappendel and Teske 1999, Farkas-Tánczos 2009). Az erősen fertőzött területeken ember - ember átadás is lehetséges, de figyelmet érdemel a vektor nélküli kutya - kutya közvetlen fertőzés lehetősége is (Peterson and Stewart 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, (FEDIAF 2010), 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 fentebbiekből 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 2004), és Olaszország területének nagy része is fertőzött (Thuiller 2004), pl. Toszkanában kutyák szerológiai vizsgálata alapján akár az állatok 24%-a is fertőzött lehet (Gradoni and Pozio 1980). A kutya leishmaniasis földrajzi előfordulása a humán visceralis leishmaniasis elterjedéséhez nagyban hasonló (Köhler et al. 2002, Solano-Gallego and Guadalupe 2011). A *Phlebotomus* fajoknak szélesebb az elterjedési területe, mint magának a leishmaniasisnak (Slappendel 1988). Ebből következik, hogy a lepkeszúnyogfajok klímaváltozás hatására bekövetkező északi irányú terjedése nem vonja maga után feltétlenül a leishmania paraziták hasonló mértékű expanzióját is.

1.4. A klímaváltozás lehetséges hatásai a leishmaniasis elterjedésére

A vektorok által terjesztett betegségek érzékenyek a klimatikus feltételekre (Roeckner 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 jelen elterjedési területeken a lepkeszúnyog populációk növekedését és észak felé történő migrációját idézhetik elő (De la Roque 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 (Ferroglio 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 önfenntartó kórokozó populációk kevésbé kedvező klímájú területeken is. A kedvező mezoklímájú 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 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 Ész 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 leishmaniasissal 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 (Ferroglio et al. 2010). Több különböző klimatikus modellvizsgálat azt mutatta, hogy a XXI. század végére Közép-Európában a leishmaniasis endémiássá válhat (Peterson 2008, Fischer et al. 2011, Fischer et al. 2010). Nem csak Európában, de Észak-Amerikában is valós probléma a leishmaniasis előretörése (González et al. 2010).

2. ANYAG és MÓDSZER

2.1. Elterjedési és éghajlati adatok

2.1.1. Adatforrások

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



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

2.1.2. Az adatok előkészítése

A lepkeszűnyogok elterjedési térképét (Tutin 1964), valamint a *Juniperus oxycedrus*, *Pinus brutia* és *Quercus ilex* areatérképét (Trotz-Williams and Trees 2003, EUFORGEN: 2012, Marty et al. 2007, e sorrendben) digitalizáltuk (a nyomtatott és pixelgrafikus állományokat vektorgrafikussá alakítottuk). Ehhez a térképek georeferálására volt szükség (harmadrendű polinomiális transzformációval). A különböző lepkeszűnyogfajok 2008-2012 között észlelt előfordulásai az Európai Unió harmadik szintű közigazgatási egységei, a NUTS3-régiók szerint álltak rendelkezésünkre, 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.

2.1.3. Az éghajlati modell

Az éghajlati adatokat a REMO regionális klímamodell szolgáltatotta, mely az ECHAM5 globális modell (Ready 2010, Rioux et al. 1986) és az IPCC SRES A1B klímaszcenárió alapján készült, és Európát 25 kilométeres felbontású rácshálójával fedi. Az A1B szcenárió 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 klímamparamétert használtuk a modellezés során: havi középhőmérsékletek (Tmean, °C), havi minimum-hőmérsékletek (Tmin, °C) és havi csapadékösszegek (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-Gallego 2011, Colacicco-Mayhugh 2010, Ibáñez 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.

2.2. Modellezés

Kutatásunk során az adatok statisztikai előfeldolgozáson esek át, amivel az elterjedési térképek kis horizontális felbontásából és a tévesen bekerült klímaadatokból 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, J. A. – McNeil, B. J), s így az arra tett észrevételek (Lindgren et al. 2008) vonatkoztathatók az általunk használt módszerre is. További, hibák alapján számított modell kalibrációs módszerekről (Fielding and Bell 1997).

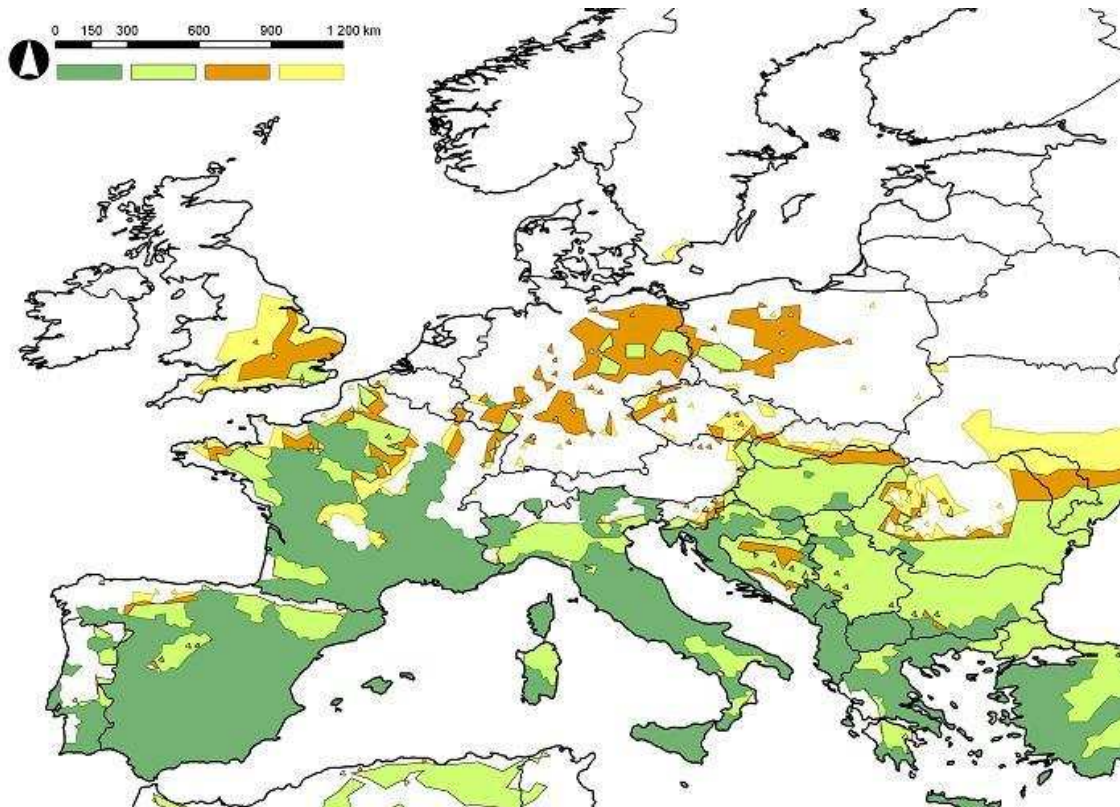
Térinformatikai szoftver (ESRI ArcGIS) segítségével a vizsgált Phlebotomus vektorok, valamint növényfajok elterjedési területén a referencia-időszak (1961-1990) alatt az elterjedési területen jellemző éghajlati paramétereket listáztuk, majd a megfelelő számú percentilis elhagyásával e módosított paraméterek együttállását kerestük a referencia-időszakbeli (validálás) és jövőbeli (projekció) klímaadatsorokban. Modellezési módszerünk egyfajta éghajlatburkológörbe-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 and Berry 2006, Hughes 20000). 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), mely csak fenntartásokkal fogadható el (Shaw 2007).

4. 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 (1. táblázat). 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.

4.1.1. Lepkeszúnyogok várható elterjedése

A vizsgált öt lepkeszúnyog faj jelenlegi elterjedési területe (2. ábra) az európai mediterrán klímataományt, 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 növekedését. 2041-2070 között főként Nagy-Britannia és a Fekete-tenger északi partvidéke mentén jelzi az elterjedési terület nagyobb fokú bővülését.

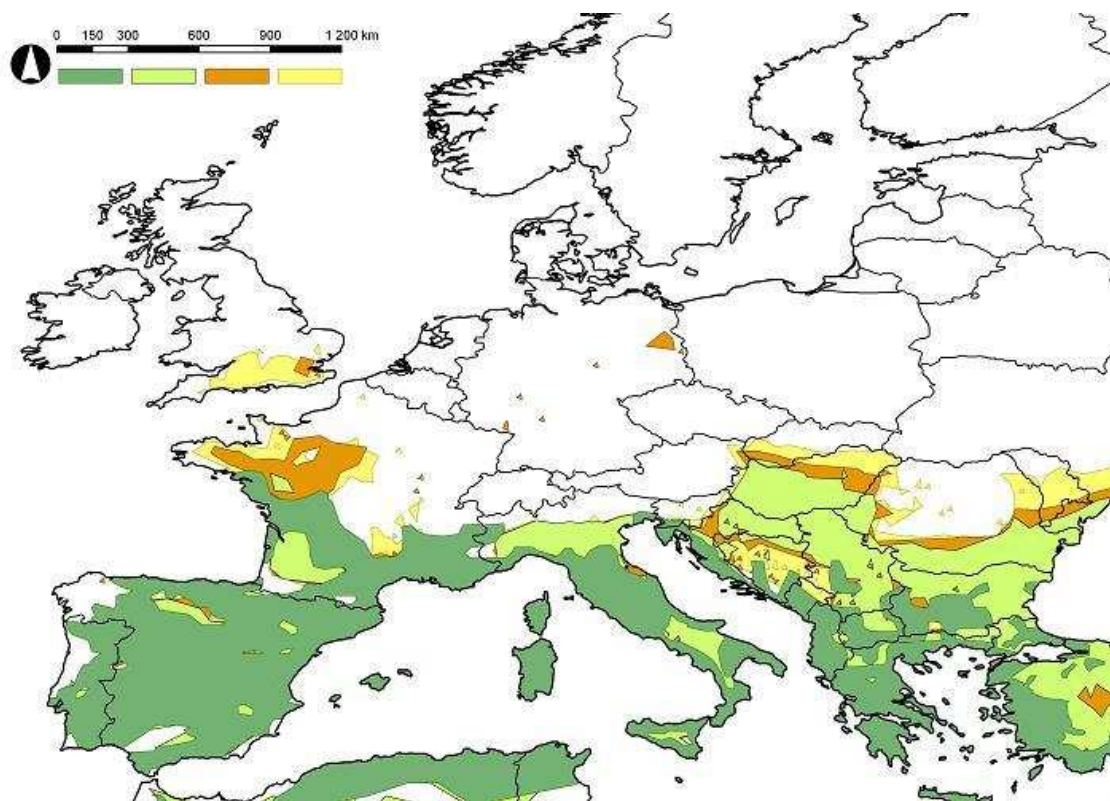


2. ábra. Az öt vizsgált *Phlebotomus* faj elterjedési területének uniója (sötétzöld), az unióra vonatkozó potenciális elterjedési terület a referencia-időszakban (világoszöld) és a modellezett potenciális elterjedési terület 2011-2040-ben (narancssárga) és 2041-2070-ben (citromárga)

4.1.2. 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 $-17,7^{\circ}\text{C}$, a *Pinus brutia* fenyőé mintegy $-12,2^{\circ}\text{C}$. A referencia-időszakra modellezett elterjedési terület azonban főként Európa keleti felén jóval nagyobb: $-1 - -2^{\circ}\text{C}$ -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.



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 (citromárga)

5. KÖVETKEZTETÉSEK

5.1. 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 volnának képesek. A lepkeszúnyogok át tudnak telelni ember által alkotott (Killick-Kendrick, R. and Killick-Kendrick, M. 1987; Naucke, T. J. 2002) és természetes (Hanson, W. J. 1961) 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 lágyszárú növényfajjal szemben nem képesek gyorsan reagálni a klíma néhány éves lépítékű 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 modellezhetők 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 meleg, többnyire fagymentes klímához szoktak. A mediterrán hegyvidéki fajok nem bizonyulnak jó indikátornak, mivel ezek többsége komoly téltűréssel rendelkezik (pl. *Picea omorika*, *Pinus nigra*, *Pinus leucodermis*), aminek faunatorténeti okai vannak. Mindezért elsősorban a Földközi-tenger nyugati medencéjének és tengerparti területeinek növényeiből választottunk, eltekintve Kis-Ázsia, valamint a Balkán flórájától.

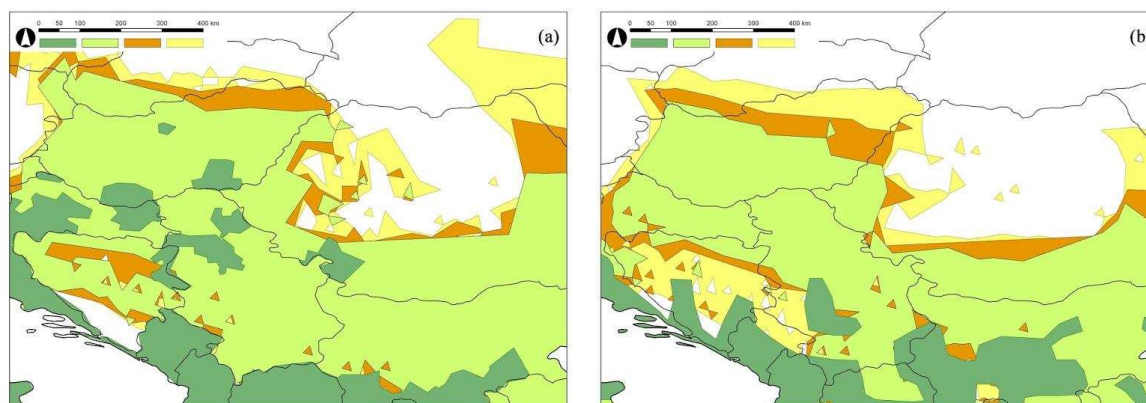
5.2. Növények elterjedése és a klíma

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 2012, 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 váztalaj 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.

5.3.A vektorok és indikátorai éghajlati igényeinek hasonlósága

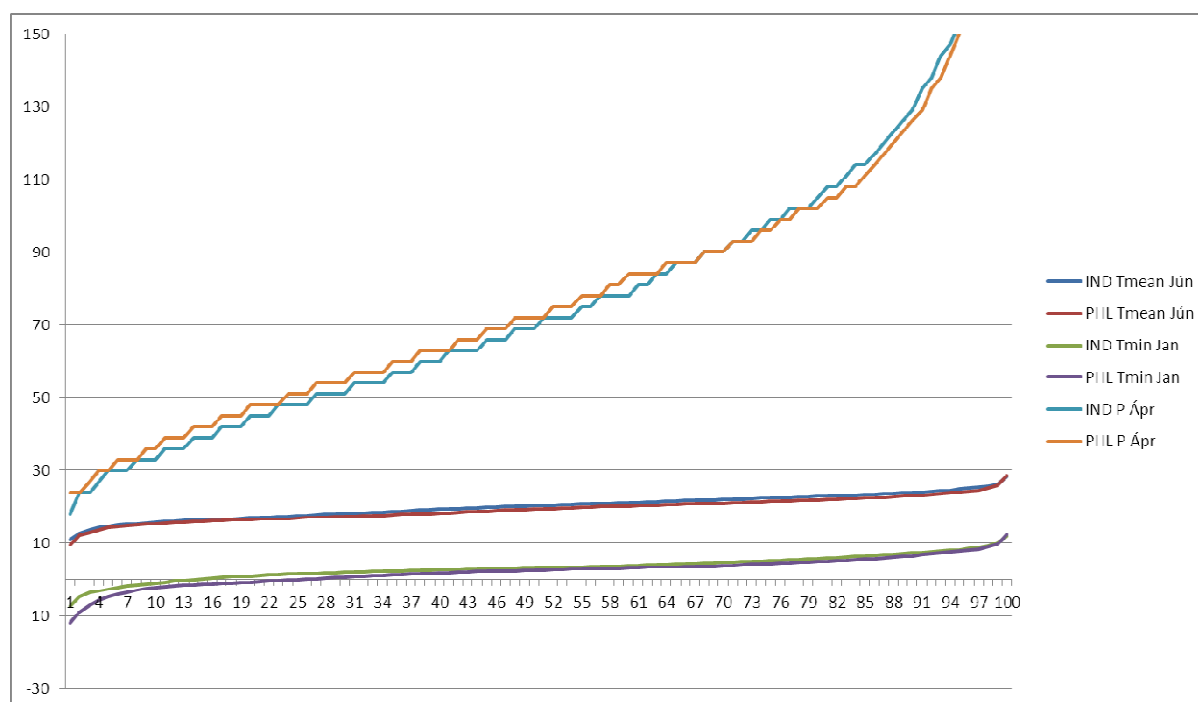
A kiválasztott indikátor növényfajok klímaigényének hasonlósága jól becsülhető a valós, és főként a modellezett elterjedési területek közötti összefüggésből. Az első és második harmincéves periódusra a növényi indikátorok és a vektorok elterjedési területének bővülése hasonló képet mutat, azonban a lepkeszúnyogok előre jelzett elterjedési területe felülmúlja az indikátor növényekét, elsősorban Közép-Európában, Németországban és Lengyelországban. A vektorokra készített modell érdekessége, hogy Németország, Dél-Anglia és Lengyelország egy-egy elszigetelt területén a referencia-időszakra is potenciális elterjedési területet jelez, mellyel összecseng, hogy valóban jelentettek feltehetően nem behurcolt eseteket Németország területéről (Fischer and 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 rajzolódnak ki a modellezett potenciális elterjedési területek, határok. A lepkeszúnyogok és az indikátor növények 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 indikátorai 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.



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

Az indikátorfajok kiválasztásának megalapozottságát az eredmények statisztikai értékelésével támasztottuk alá. A Cohen-féle kappa (Cohen 1960) értékét négyféle módon számítottuk (2. táblázat), 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 lepkeszunnyogok valós és modellezett elterjedési területe között.



5. ábra. Három éghajlati paraméter (júniusi középhőmérséklet, januári minimumhőmérséklet, áprilisi csapadékösze) eloszlásfüggvénye a lepkeszunnyogok (PHL) és indikátoraik (IND) esetén

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 lepkeszunnyogok 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 klímáparaméterek esetén az eloszlásfüggvények összevetésekor is kirajzolódik. Példaként a felhasznált 36 klímáparaméterből 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 lepkeszűnyogok 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 projekt támogatta. Az ENSEMBLES-adatokat az Európai Unió FP6-ENSEMBLES integrált projektje finanszírozta, melyet hálásan köszönünk.

Felhasznált irodalom

- Alvar, J. – Cañavate, C. et al.: Canine leishmaniasis. *Advances in Parasitology*, 2004. 57. 1–88.
- Aspöck, H. – Gerersdorfer, T.: Sandflies and sandfly-borne infections of humans in Central Europe in the light of climate change. *Wiener klinische Wochenschrift*, 2008. 120. 24–29.
- Bakkenes, M. – Eickhout, B. – Alkemade, R.: Impacts of different climate stabilisation scenarios on plant species in Europe. *Global Environmental Change*, 2006. 16. 19–28.
- Bede-Fazekas Á.: Melegigényes díszfák telepíthetőségi területének előrejelzése a 21. századra. Diplomamunka, Budapesti Corvinus Egyetem, Tájépítészeti Kar, Budapest, 2012.
- Berry, P. M. – Rounsevell, M. D. A. et al.: Assessing the vulnerability of agricultural land use and species to climate change and the role of policy in facilitating adaptation. *Environmental Science & Policy*, 2006. 9. 189–204.
- Bongiorno, G. – Habluetzel, A. et al.: Host preferences of phlebotomine sand flies at a hypoendemic focus of canine leishmaniasis in central Italy. *Acta Trop*, 2003. 88. 109–116.
- Cohen, J.: A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 1960. 20. 37–46.
- Colacicco-Mayhugh, M. G. – Masuoka, P. M. – Grieco, J. P.: Ecological niche model of *Phlebotomus alexandri* and *P. papatasi* (Diptera: Psychodidae) in the Middle East. *International Journal of Health Geographics*, 2010. 9. 2.
- Czúcz, B.: Az éghajlatváltozás hazai természetközeli élőhelyekre gyakorolt hatásainak modellezése. Doktori értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Budapest, 2010.

- De la Roque, S. – Rioux, J. A. –Slingenbergh, J.: Climate change: Effects on animal disease systems and implications for surveillance and control. *Revue Scientifique Et Technique. International Des Epizooties*, 2008. 27. 3–54.
- Desjeux, P.: Leishmaniasis: public health aspects and control. *Clinics in Dermatology*, 1996. 14. 417–423.
- Desjeux, P.: The increase in risk factors for leishmaniasis worldwide. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 2001. 95. 239–243.
- Desjeux, P. – Alvar, J.: Leishmania/HIV co-infections: epidemiology in Europe. *Annals of Tropical Medicine & Parasitology*, 2003. 97. 1–15.
- Diaz-Espineira, M. M. – Slappendel, R. J.: A case of autochthonous canine leishmaniasis in The Netherlands. *Vet Q*, 1997. 19. 69–71.
- Dormann, C. F.: Promising the future? Global change projections of species distributions. *Basic and Applied Ecology*, 2007. 8. 387–397.
- Dujardin, J. C.: Risk factors in the spread of leishmaniasis: towards integrated monitoring? *Trends Parasitol*, 2006. 22. 4–6.
- Elith, J. – Leathwick, J. R.: Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 2009. 40. 677–697.
- EUFORGEN: Distribution map of *Brutia* pine (*Pinus butia*).
www.euforgen.org/distribution_maps.html. 2009. Utolsó hozzáférés: 2012.04.07.
- Eurostat: Total population as of 1 January.
epp.eurostat.ec.europa.eu/tgm/table.do?tab=table&language=en&pcode=tps00001.
Utolsó hozzáférés: 2010.10.23.
- Fao-UNESCO: Soil Map of the World., 1:500 000. Food and Agriculture Organization, United Nations, Rome and Paris, 1971.
- Farkas R. – Tánczos B.: A kutya leishmaniosisa és jelentősége Európában. *Irodalmi áttekintés. Magyar Állatorvosok Lapja*, 2009. 131. 304–312.
- Farkas, R –Tánczos B. – Bongiorno, G. – Maroli, M. – Dereure, J. – Ready, P. D.: First surveys to investigate the presence of canine leishmaniasis and its phlebotomine vectors in Hungary. *Vector Borne Zoonotic Dis*, 2011. 11. 823–34.
- FEDIAF: Facts & Figures 2010. www.fediaf.org/facts-figures. Utolsó hozzáférés: 2012.12.01.
- Ferroglio, E. – Maroli, M. et al.: Canine leishmaniasis, Italy. *Emerg. Infect Dis*, 2005. 11. 1618–1620.
- Ferroglio, E. – Romano, A. et al.: Distribution of *Phlebotomus perniciosus* in North-Italy: A study on 18S rDNA of phlebotomine sand flies. *Veterinary Parasitology*, 2010. 170. 127–130.
- Fielding, A. H. – Bell, J. F.: A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. *Environmental Conservation*, 1997. 24. 38–49.
- Fischer, D. – Moeller, P. et al.: Combining climatic projections and dispersal ability: a method for estimating the responses of sandfly vector species to climate change. *PLoS Negl Trop Dis*, 2011. 11. e1407.
- Fischer, D. – Thomas, S. M. – Beierkuhnlein, C.: Temperature-derived potential for the establishment of phlebotomine sandflies and visceral leishmaniasis in Germany. *Geospatial Health*, 2010. 5. 59–69.
- GISCO: Eurostat (European Commission).
epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/gisco_Geographical_information_maps

- /poppups/references/administrative_units_statistical_units_1. 2012. Utolsó hozzáférés: 2012.11.21.
- González, C. – Wang, O. et al.: Climate change and risk of leishmaniasis in north america: predictions from ecological niche models of vector and reservoir species. *PLoS Negl Trop Dis*, 2010. 19. e585.
- Gradoni, L. – Pozio, E. et al.: 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*, 1980. 74. 421–422.
- Guisan, A. – Zimmermann, N. E.: Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling*, 2000. 135. 147–186.
- Hammer, Ř. – Harper, D. A. T. – Ryan, P. D.: PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001. 4. 9.
- Hanley, J. A. – McNeil, B. J.: The meaning and use of area under a receiver operating characteristics (ROC) curve. *Radiology*, 1982. 143. 29–36.
- Hanson, W. J.: The Breeding Places of *Phlebotomus* in Panama (Diptera, Psychodidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 1961. 54. 317–322.
- Harrison, P. A. – Berry, P. M. et al.: Modelling climate change impacts on species' distributions at the European scale: implications for conservation policy. *Environmental Science & Policy*, 2006. 9. 116–128.
- Hijmans, R. J. – Graham, C. H.: The ability of climate envelope models to predict the effect of climate change on species distributions. *Global Change Biology*, 2006. 12. 2272–2281.
- Hughes, L.: Biological consequences of global warming: is the signal already apparent? *Trends in Ecology and Evolution*, 2000. 15. 56–61.
- Ibáñez, I. – Clark, J. S. et al.: Predicting Biodiversity Change: Outside the Climate Envelope, beyond the Species-Area Curve. *Ecology*, 2006. 87. 1896–1906.
- Kennewick, W. A. – Marfin, A. A.: Emerging Vector-Borne Infectious Diseases What's New in Medicine Workshop. 2010.
- Killick-Kendrick, R. – Killick-Kendrick, M.: The laboratory colonization of *Phlebotomus ariasi* (Diptera, Psychodidae). *Ann Parasitol Hum Comp*, 1987. 62. 354–356.
- Killick-Kendrick, R.: Phlebotomine vectors of the leishmaniasis: a review. *Medical and Veterinary Entomology*, 1990. 4. 1–24.
- Kovács-Láng E. – Kröel-Dulay Gy. – Czúcz B.: Az éghajlatváltozás hatásai a természetes élővilágra és teendők a megőrzés és kutatás területén. *Természetvédelmi Közlemények*, 2008. 14. 5–39.
- Köhler, K. – Stechele, M. et al.: Cutaneous leishmaniasis in a horse in southern Germany caused by *Leishmania infantum*. *Vet Parasitol*, 2002. 16. 9–17.
- Lindgren, E. – Naucke, T. – Menne, B.: 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, 2008.
- Lindgren, E. – Naucke, T.: Leishmaniasis: Influences of Climate and Climate Change Epidemiology, Ecology and Adaptation Measures. In: Bettina Menne and Kristie L. Ebi Climate change and adaptation strategies for human health. Steinkopff Verlag Darmstadt, 2006. 131–156.
- Lobo, J. M. – Jimenez-Valverde, A. – Real, R.: AUC: a misleading measure of the performance of predictive distribution models. *Global Ecology and Biogeography*, 2008. 17. 145–151.

- Maroli, M. – Gramiccia, M. et al.: Natural infections of phlebotomine sandflies with Trypanosomatidae in central and south Italy. *Trans. R. Soc. Trop. Med. Hyg*, 1988. 82. 227–228.
- Maroli, M. – Rossi, L. et al.: The northward spread of leishmaniasis in Italy: evidence from retrospective and ongoing studies on the canine reservoir and phlebotomine vectors. *Trop Med Int Health*, 2008.13. 256–264.
- Marty, P. – Izri, A. et al.: A century of leishmaniasis in Alpes-Maritimes, France. *Ann Trop Med Parasitol*, 2007. 101. 563–574.
- Mencke, N.: The importance of canine leishmaniosis in non-endemic areas, with special emphasis on the situation in Germany. *Berl Munch Tierarztl Wochenschr*, 2011. 124. 434–442.
- Meusel, H. – Jäger, E. J. – Weinert, E.: *Vergleichende Chorologie der zentraleuropäischen Flora. Band I. (Text und Karten)*. Fischer-Verlag, Jena, 1965.
- Minter, D. M.: The leishmaniasis. In: *Geographical distribution of arthropod-borne diseases and their principal vectors*. WHO, Geneva (document WHO/VBC/89.967), 1989.
- Moreno, J. – Alvar, J.: Canine leishmaniasis: epidemiological risk and the experimental model. *Trends in Parasitology*, 2002. 18. 399–405.
- Naderer, T. – Ellis, M. A. et al.: Virulence of *Leishmania major* in macrophages and mice requires the gluconeogenic enzyme fructose-1,6-bisphosphatase. *PNAS*, 2006. 103. 5502–5507.
- Nakicenovic, N. – Swart, R. (eds): *Emissions Scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- Naucke, T. J.: Leishmaniosis, a tropical disease and its vectors (Diptera Psychodidae, Phlebotominae) in Central Europe. *Denisia*, 2002. 6. 163–178.
- Pennisi, M. G.: A high prevalence of feline leishmaniasis in southern Italy. In R. Killick-Kendrick (ed.), *Canine leishmaniasis: moving towards a solution*. Proceedings of the Second International Canine Leishmaniasis Forum Seville, Spain. Intervet International, Boxmeer, The Netherlands, 2002. 9–48.
- Peterson, A. T. – Stewart, A. et al.: Shifting Global Invasive Potential of European Plants with Climate Change. *PLoS ONE*, 2008. 3. e2441.
- Pickett, S. T. A.: 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, New York, 1989. 110–135.
- Ready, P. D.: Leishmaniasis emergence and climate change. *Rev Sci Tech*, 2008. 27. 399–412.
- Ready, P. D.: Leishmaniasis emergence in Europe. *Euro Surveill*, 2010. 15. 19505.
- Rioux, J. A. – Aboulker, J. P. G. et al.: Ecology of leishmaniasis 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*, 1986. 60. 221–229.
- Roeckner, E. – Bäuml, G. et al.: The atmospheric general circulation model ECHAM 5. Part I: Model description. Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, Germany, 2003.
- Roeckner, E. – Brokopf, R. et al.: The atmospheric general circulation model ECHAM 5. PART II: Sensitivity of Simulated Climate to Horizontal and Vertical Resolution. Max-Planck-Institut für Meteorologie, Hamburg, Germany, 2004.
- Rogers, D. J. – Randolph, S. E.: Climate Change and Vector-Borne Diseases. *Advances in Parasitology*, 2006. 62. 345–381.

- Sánchez, M. – Hervás, J. et al.: Evaluación del gato común (*Felis catus domesticus*) como reservorio de la leishmaniosis en la cuenca mediterránea [Evaluation of cats (*Felis catus domesticus*) as reservoir of *Leishmania* in the Mediterranean]. *Revista Técnica Veterinaria, Pequeños Animales*, 2000. 24. 46–54
- Serra-Díaz, J. M. – Ninyerola, M. – Lloret, F.: 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*, 2012. 207. 10–18.
- Shaw, J.: The leishmaniasis – survival and expansion in a changing world. A mini-review. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz*, 2007. 102. 541–547.
- Shaw, S. E. – Lerga, A. – Williams, S.: Review of exotic infectious diseases in small animals entering the United Kingdom from abroad diagnosed by PCR. *Vet. Rec*, 2003. 152. 176–77.
- Skov, F. – Svenning, J. C.: Potential impact of climatic change on the distribution of forest herbs in Europe. *Ecography*, 2004. 27. 366–380.
- Slappendel, R. J. – Teske, E.: A review of canine leishmaniasis presenting outside the endemic areas. In R Killick-Kendrick *Canine Leishmaniasis: an Update*, Hoechst Rousse, Barcelona, 1999. 54–59.
- Slappendel, R. J.: Canine leishmaniasis. A review based on 95 cases in The Netherlands. *Vet Q*, 1988. 10. 1–16.
- Solano-Gallego, L. – Fernández-Bellón, H. et al.: Cutaneous leishmaniasis in three horses in Spain. *Equine Vet J*, 2003. 35. 320–323.
- Solano-Gallego, L. – Guadalupe, M. et al.: The distribution of canine *L. infantum* infection in Europe. *Parasites & Vectors*, 2011. 4. 86.
- Tánczos B. – Farkas R.: Lepkeszúnyogok (Diptera: Psychodidae) és járványtani jelentőségük irodalmi áttekintés. *Magyar Állatorvosok Lapja*, 2009. 131. 411–416.
- Thuiller, W. – Araújo, M. B. – Lavorel, S.: Do we need land-cover data to model species distributions in Europe? *Journal of Biogeography*, 2004. 31. 353–361.
- Trotz-Williams, L. A. – Trees, A. J.: Systematic review of the distribution of the major vector-borne parasitic infections in dogs and cats in Europe. *Veterinary Record*, 2003. 152. 97–105.
- Tutin, T. G. – Burges, N. A. et al.: *Flora Europaea*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1964.
- VBORNET maps: Sandflies.
ecdc.europa.eu/en/activities/diseaseprogrammes/emerging_and_vector_borne_diseases/pages/vbordnet_maps_sandflies.aspx?MasterPage=1. 2012. Utolsó hozzáférés: 2012.11.23.
- WHO: The leishmaniasis: report of an expert committee. *WHO Tech Rep Ser*, 1984. 701. 1–140.
- Wiegmann, B. M. – Mitter, C. – Thompson, F. C.: Evolutionary origin of the Cyclorhapha (Diptera): tests of alternative morphological hypotheses. *Cladistics*, 1993. 9. 41–81.
- Yeates, D. K.: Relationships of the lower Brachycera (Diptera): A quantitative synthesis of morphological characters. *Zool. Scripta*, 2002. 31. 105–121.
- Yeates, D. K.: The cladistics and classification of the Bombyliidae (Diptera: Asiloidea). *Bull. Am. Mus. Nat. Hist*, 1994. 219. 1–191.