

Invazní a nepůvodní druhy komárů aneb Máme se u nás bát exotických nákaz?

Když jeden z autorů tohoto článku nedávno žádal o finanční prostředky na monitorování komárů a jimi přenosných nákaz, dostávalo se mu ze zasvěcených i méně zasvěcených kruhů důrazného ujištění, že nyní řešíme problémy extrémního sucha (vždyť povodně a s nimi spojené komáří kalamity byly naposledy v r. 2006 a 2010) a navíc, komáři v našich zeměpisných šířkách na rozdíl od tropů stejně žádné choroby nepřenášejí a jsou v podstatě pouhými trapiči člověka, případně domácích i volně žijících zvířat. To však dávno neplatí (zda-li vůbec platilo), což dokazuje i náš dlouhodobý výzkum. Letos uběhlo právě 20 let od první izolace původně afrického viru West Nile v České republice, kterou jsme provedli z komárů na jižní Moravě, a od popisu první epidemie západonilské horečky ve střední Evropě. V r. 2012 a opakovaně v r. 2016 jsme navíc ve stejné oblasti zjistili invazní druh komára tygrovaného (*Aedes albopictus*), který je schopen přenášet různé exotické virové nákazy včetně horečky dengue a chikungunya. Cílem tohoto příspěvku je proto upozornit na rizika spojená s invazními a potenciálně invazními nepůvodními komáry a jimi přenášenými nákazami i v temperátních oblastech Evropy a obrátit pozornost čtenářské obce k tomuto fenoménu.

Šíření organismů na nová území je jejich přirozenou vlastností, avšak s rozvojem lidské civilizace nabralo na intenzitě. Člověk si od počátku své existence bral při obsazování nových území s sebou vybrané druhy rostlin a živočichů a naopak do původní vlasti jiné dovážel. To často přinášelo nesporný užitek, není však výjimkou, že jsme tím dosáhli opačného efektu. Vedle úmyslného šíření různých druhů na nová území docházelo často i k neúmyslnému zavlečení. Řada hospodářských škůdců

nebo rostlinných plevelů se dostala na nová území především lodní dopravou, dnes však jsou způsoby šíření mnohem pestřejší. Četné druhy zde pak našly ideální podmínky, jež napomáhaly k jejich nekontrolovatelnému postupu. Následkem mohou být nejen obrovské hospodářské škody, ale zároveň narušení ekosystémů, které představuje vážnou hrozbu pro zachování přirozené rozmanitosti druhů. Dochází k vytlačování anebo dokonce k vyhynutí některých původních druhů. V současné

době se v důsledku rozmachu dopravy a obchodu riziko nechtěného šíření organismů na nová území enormně zvyšuje a nebezpečí se navíc násobí probíhajícími změnami klimatu.

Jako invazní obecně označujeme druhy, které se ze svého původního areálu dostávají na mnohdy značně vzdálené lokality, kde se dříve nevyskytovaly; dobře se přizpůsobí novým podmínkám, úspěšně se rozmnožují a dále šíří (introduction – establishment – spread). Některé představují vážnou zdravotní hrozbu pro člověka i zvířata v důsledku přenosu nebezpečných chorob. Kromě třeba synantropních hlodavců (potkani, krysy) do této skupiny řadíme také invazní druhy komárů (tab. 1).

Hlavní způsoby šíření invazních komárů

Patří k nim transport zboží na velké vzdálenosti (námořní a leteckou dopravou), kdy typickým příkladem je lodní přeprava ojetých pneumatik. Voda, která se v pneumatikách snadno zachytí a udrží, poskytuje vhodné podmínky nejen pro přežití, ale i pro rozmnožování některých druhů komárů (obr. 2). Larvy a vajíčka zde mohou vydržet řadu týdnů až měsíců. Některé druhy komárů byly zavlečeny na nová území i s dovozem okrasných rostlin dračince pruhovaného (*Dracaena sanderiana*, obr. 5), převážně v nádobách s vodou.

Dospělé samičky také mohou v oblastech s masivním výskytem jedinců zaletovat do vnitřních prostor kamionů přepravujících zboží, ale i osobních automobilů, karavanů a jiných dopravních prostředků (obr. 3). Z nich pak během zastávek zase vyletují. Tento způsob šíření byl v Evropě zaznamenán především u druhu *A. albopictus*, který se na četných lokalitách v jižní a jihovýchodní Evropě již trvale usídlil. Mnohé oblasti s hojným výskytem komára tygrovaného jsou turisticky atraktivní i pro naše občany (Itálie, Chorvatsko, Španělsko) a vedou tudíž důležitou přepravní trasu spojující jižní a střední Evropu se severskými zeměmi. Proto je i tato cesta šíření komárů pro nás vysoce aktuální.

Metodika odchyty a zjištění přítomnosti

K odchyty larev komárů se často používají jednoduché metody jako lov ve vodě hustým cedníkem nebo speciálním sběračem (dipper). Vzhledem k rozmnožování invazních druhů však nejde o efektivní způsob. Jejich vajíčka, larvy a kukly se mohou vyskytovat v nejrůznějších nádobách s dešťovou vodou (kromě pneumatik dále v plechovkách, barelech, sudech, miskách), ve vázách s řezanými květinami (např. na hřbitovech) nebo rostlinách pěstovaných ve vodě (v květinářstvích, zahradnictvích apod.). Pro aktivní monitorování se proto používají jednoduché pasti typu ovitrap (obr. 4) – malé nádoby černé nebo jinak tmavé barvy (objem asi 500 ml) naplněné nálevem či odstátou vodou. Samičky zde mohou vyklást a v pasti se hledají vajíčka, případně larvy. Jde o účinnou metodu

1 Lužní lesy jsou zvláště po povodních vhodným lůžkem tzv. kalamitních druhů komárů. V České republice jde např. o oblast podél dolních toků Moravy a Dyje. Foto I. Rudolf





2 Ojeté pneumatiky naplněné vodou bývají častým místem nálezu vajíček i larev invazních druhů komárů a představují tak nebezpečí zanesení na nová místa. Foto I. Rudolf

3 a 4 Kamionová a osobní doprava hraje důležitou roli při zavlečení komárů. Pasti typu ovitraps (obr. 4, blíže v textu)

jsou vhodným nástrojem pro monitorování nedospělých stadií (vajíček a larev), např. v okolí parkovišť. Foto L. Betášová

5 Pokojové rostliny rodu dračinec (*Dracaena*) vyžadují bohatou závlivku a nádoby se stávají vhodným místem pro vývoj komářích vajíček nebo larev a současně rizikem pro import invazních druhů z Asie do Evropy. Foto L. Betášová

6 BG-Sentinel past s návnadou napodobující pach lidské kůže se používá k odchytu komářích samic. Foto I. Rudolf

samičky, které jsou lákány pomocí světla, tepla, kombinací barev, ale především atraktanty, jež zpravidla napodobují produkty metabolismu potenciálních hostitelů (včetně člověka). K modernějším odchytovým nástrojům k záchytu samic patří pasti BG-Sentinel, vyvinuté pro antropofilní druhy komárů, zvláště *A. aegypti* a *A. albopictus* (obr. 6). Používají se speciální návnady napodobující složení pachu lidské kůže (kyselina mléčná, mastné kyseliny a amoniak), mohou do nich však být umístěny i jiné atraktanty (oktenol, suchý led – jako zdroj univerzálního atraktantu oxidu uhličitý). Komáři jsou nasáváni spolu se vzduchem ventilátorem umístěným ve středové části pasti a zachycováni do sítky. Vzduch se dostává ven podél vnějšího neprodyšného pláště pasti a nese s sebou pach návnady, která se nachází uvnitř pasti. Nevýhodou těchto zařízení je vyšší cena pastí i návnad.

Invazní druhy zjištěné v Evropě

Po r. 2000 prodělala klasifikace komárů řadu změn a vedle dosud užívané tradiční se začala používat i nová klasifikace zohledňující fylogenetické vztahy mezi jednotlivými druhy. Je zaměřena především na rod *Aedes*, který byl rozdělen postupně až na několik desítek samostatných rodů (případně podrodů). Nová klasifikace ale

není obecně používána a v r. 2015 byla navržena modifikovaná tradiční klasifikace, vycházející z původní taxonomie. Z těchto důvodů se mohou některé rody objevovat v literatuře pod odlišnými názvy. V našem textu používáme tradiční pojetí s doplňující informací o nových variantách jmen.

V Evropě byl dosud zaznamenán výskyt 6 druhů invazních nebo potenciálně invazních nepůvodních komárů, u nichž bylo prokázáno, že mohou být vektorem pro přenos patogenů na člověka. Jde o *Aedes aegypti*, *A. albopictus*, *A. japonicus*, *A. koreicus*, *A. atropalpus* a *A. triseriatus*. Vedle nich byly v r. 2004 zachyceny v pneumatikách dovezených z USA také larvy druhů *Orthopodomyia signifera* a *Toxorhynchites rutilus*. Nepředstavují však hrozbu z pohledu ohrožení zdraví člověka. Samičky *O. signifera* sají na ptácích (jsou ornitofilní) a člověka nenapadají. Samičky *T. rutilus* nesají krev vůbec.

● Komár tropický

(*Aedes aegypti*, syn. *Stegomyia aegypti*) Africký druh komára, který se rozšířil v tropech a subtropích téměř celého světa (dříve byl známý také jako Yellow fever mosquito – komár přenášející žlutou zimnici). Počátkem 20. stol. se vyskytoval i v jižní (Francie, Itálie, Španělsko, Portugalsko,



Tab. 1 Základní charakteristika invazních druhů komárů

- schopnost rozmnožovat se v poměrně malém množství vody – v přírodě často dešťová voda v dutinách stromů (arborikolní druhy), v městském prostředí využívají různé nádoby s dešťovou vodou;
- schopnost přizpůsobit se podmínkám blízkosti člověka;
- odolnost vajíček proti vysychání;
- široká hostitelská preference;
- schopnost využití aktivit člověka k šíření na nové lokality (osobní i nákladní přeprava, mezinárodní obchod s ojetými pneumatikami, obchod s exotickými rostlinami);
- značná ekologická plasticita;
- v Evropě schopnost přizpůsobit se podmínkám mírného pásu (zimní diapauza).

Madeira, Malta, Chorvatsko), jihovýchodní až východní Evropě (Řecko, Ukrajina, Rusko, Turecko). V letech 1927–28 byl dokonce příčinou rozsáhlé epidemie horečky dengue v Athénách a okolí s více než milionem nemocných (infikováno bylo 90 % obyvatel města) a došlo k více než tisíci úmrtí.

Tento nápadný komár (obr. 7) má tmavě zbarvení s charakteristickou bílou kresbou, která na hrudi připomíná tvar lyry. Na chodidlových člancích nese bílé kroužky. Může být snadno zaměněn s jinými druhy, především *A. albopictus*, *A. japonicus* nebo *A. cretinus*.

Vyskytuje se ve dvou formách. V tropické Africe a v oblastech kolem Indického oceánu žije tmavá „přírodní“ forma (*A. aegypti formosus*), která v původních biotopech využívá jako líhniště hlavně dutiny stromů. Vážné problémy může zapříčinit světlejší „domácí“ forma (*A. aegypti aegypti*), jež se dobře přizpůsobila životu v blízkosti lidí. Využívá k rozmnožování nejrozličnější předměty – barely, plechovky a jiné nádoby naplněné vodou (obr. 9), vyskytuje se hlavně ve městech a příměstských oblastech v tropech a subtropích téměř celého světa. V současnosti se řadí mezi globálně nejrozšířenější druhy komárů. Je vysoce antropofilní a synantropní, člověka napadá velmi agresivně především v čas-

ně ranních hodinách a před setměním. Samičky jsou schopné opakovaně sát i na více lidech a tím přispívají k rychlému šíření infekce.

V současnosti tento druh na evropském kontinentě s výjimkou jihovýchodního Ruska a Gruzie (od r. 2001 je etablován v pobřežních oblastech Černého moře) a portugalského ostrova Madeiry (rekolonizace v r. 2004) nežije. V r. 2010 byl zavlečen pravděpodobně s ojetými pneumatikami z Floridy do Nizozemska. Šíření na sever omezuje nízká odolnost vajíček proti zimním teplotám, a komár zde tudíž není schopen zimní diapauzy, na rozdíl od *A. albopictus*, *A. japonicus* či *A. koreicus*.

Patří k důležitým vektorům virových horeček dengue, chikungunya, Zika a žluté zimnice. V současnosti není vyloučeno jeho další šíření lodní dopravou do Středozeří z Madeiry a do zemí jihovýchodní Evropy z pobřežních oblastí Černého moře.

● **Komár tygrovaný (*Aedes albopictus*; syn. *Stegomyia albopicta*)**

Pochází z tropické jihovýchodní Asie, odkud se na přelomu 20. a 21. stol. rozšířil téměř do celého světa včetně Evropy, kde je nepochybně nejrozšířenějším a ze zdravotního hlediska nejvýznamnějším invazním komářím druhem (nachází se na seznamu 100 nejdůležitějších invazních organismů současnosti). Úspěch invaze je dán řadou faktorů, z nichž za nejdůležitější považujeme ekologickou plasticitu komára tygrovaného, silně kompetitivní chování, globalizaci obchodu a cestování, ale také nedostatek epidemiologického dozoru (surveillance) a efektivní kontroly.

Jeho tělo je tmavě zbarvené s nápadnou bílou kresbou a s výraznými světlými kroužky na člancích končetin. Charakteristický (diagnostický) znak představuje bílý pruh táhnoucí se středem hrudi a dva kratší úzké postranní proužky (obr. 8 a také na 3. str. obálky). I když morfologické znaky se zdají být jasné, může být zaměňován s dalšími invazními druhy (*A. aegypti*, *A. japonicus*) nebo některými původními druhy (např. *A. cretinus* – Řecko, Turecko). V České republice po r. 2012 opakovaně hlásili výskyt *A. albopictus* i občané, vždy však šlo o záměnu s obecně rozšířeným, i když nehojným druhem *Culiseta annulata*.

K rozmnožování využívá podobné prostředí jako předchozí druh, tedy malé nádoby, pohozené plechovky, vázy, barely apod. naplněné vodou. Samičky se rozletují od líhniště pouze do vzdálenosti několika desítek metrů. Bodají především během dne hlavně ve vnějším prostředí (ačkoli se celkem dobře adaptují i na vnitřní prostory). Napadají agresivně nejen člověka, ale také volně žijící živočichy – savce, ptáky, plazy i obojživelníky. Vyhledává městské a suburbánní biotopy. U evropské populace se vyvinula schopnost zimní diapauzy. Přezimuje ve stadiu vajíček v různých kontejnerech či nádobách, které jsou zastřešené, nebo nejsou vystaveny přímému mrazu. Evropská (invazní) varianta je tedy mnohem odolnější k nízkým teplotám než původní varianty s endemickým výskytem v jihovýchodní Asii (neschopné zimní diapauzy). Některé populace v Itálii (Řím) se dokážou aklimatizovat na nízké teploty a samičky tak zůstávají aktivní i v zimním období.

V Evropě byl poprvé zjištěn v 70. letech 20. stol. v Albánii, kam se dostal s lodní dopravou zboží z Číny. V r. 1990 byl zaznamenán také v Itálii, kam doputoval pravděpodobně s dováženými ojetými pneumatikami z USA. Itálie je dnes evropskou zemí s nejvyšším výskytem *A. albopictus*, nejpostiženější oblasti se nacházejí na severovýchodě (Veneto, Friuli-Venezia-Giulia,





7 a 8 Původně africký komár tropický (*Aedes aegypti*, obr. 7) a komár tygrovaný (*A. albopictus*, 8) původem z jiho-východní Asie, přenašeči virů horeček dengue, chikungunya či žluté zimnice, viru Zika a některých dalších.

Foto P. Rödl (obr. 7) a H. Blažejová (8)

9 Nádoby (např. zahradní barely) naplněné dešťovou vodou představují ideální lůhniště pro endemické (původní) i invazní komáří druhy. Foto I. Rudolf

10 Komár *A. japonicus* přenáší virus japonské encefalitidy a virus West Nile, způsobující západonilskou horečku.

Foto H. Blažejová

11 U komára *A. koreicus* byl potvrzen přenos parazitických helmintů dirofilárií (*Dirofilaria*), které způsobují onemocnění zejména u psů, ale ojedinelé také u člověka. Foto A. Drago



Lombardia, Emilia-Romagna) a na pobřeží střední Itálie. Hlavním způsobem šíření je právě transport ojetých pneumatik (Albánie, Itálie, Francie), případně pozemní doprava (Německo, Švýcarsko, Srbsko, Chorvatsko, Slovinsko, Černá Hora ad.) z míst tímto komárem hustě osídlených. Alternativně se zvažuje také obchod s dračincem ruhovyaným (např. Nizozemsko). Na chorvatském pobřeží sehrály významnou roli při jeho šíření pravděpodobně jachty. V r. 2012 (a v r. 2016) byl zachycen i na našem území a na Slovensku (zřejmě zavlečen pozemní kamionovou nebo osobní dopravou). Dosud byl tento druh zaznamenán celkem v 25 zemích Evropy (podrobnější údaje o evropském a globálním výskytu uvádíme v tab. na webové stránce Živy), v mnoha z nich (převážně v jižní Evropě) se již trvale usídlil, v Rakousku, Belgii, České republice, Německu, Nizozemsku, Srbsku a Slovensku se nejspíš zatím neusadil. Úplné potlačení (eradikace) tohoto druhu je dnes v Evropě téměř nemožné. Brání tomu nejen značné rozšíření, ale také legislativní překážky (např. nelze plošně vyhubit na soukromých pozemcích). Mimo Evropu byl nepůvodní výskyt hlášen z Blízkého východu, východní Asie (Japonska), Austrálie a Oceánie, ze Severní, Střední i Jižní Ameriky a z Afriky.

Laboratorně je prokázáným vektorem arbovirů žluté zimnice, horečky údolí Rift, japonské encefalitidy, západonilské horečky, dále virů Sindbis, Zika, Potosi, Cache valley, La Crosse, virů východo- i západoamerické encefalomyelitidy koní, Mayaro, Ross River, viru venezuelské encefalomyelitidy koní, stejně jako virů Oropouche, Jamestown Canyon, San Angelo a Trivittata

tus. Mnoho arbovirů bylo detekováno přímo v komárech v terénu (viry východoamerické a venezuelské encefalomyelitidy koní, La Crosse, západonilské horečky, japonské encefalitidy). Je však nutné si uvědomit, že experimentální infekce ani izolace arbovirů z volně odchycených komárů nejsou samy o sobě důkazem, že daný druh komára skutečně hraje roli v enzootické cirkulaci viru, a je tedy vhodným vektorem. Z hlediska přenosu patogenů je však *A. albopictus* významným přenašečem původců onemocnění především horečky chikungunya a dengue, zvažuje se i přenos viru Zika nebo žluté zimnice, a také hlístic (filárií rodu *Dirofilaria*).

Hlavním limitujícím faktorem pro další šíření komára tygrovaného do střední a severní Evropy jsou prozatím průměrné roční a hlavně zimní teploty.

● ***Aedes japonicus* (syn. *Ochlerotatus japonicus*, *Hulecoeteomyia japonica*)**

Tento poměrně velký tmavě zbarvený komár pochází z východní Asie (Japonsko, Korea, Čína a východní oblasti Ruska). Morfologicky se liší od původních evropských druhů – na hrudi má několik podélných zlatavých pruhů, na chodidlových člancích světlé kroužky (obr. 10).

Samičky bodají převážně ve dne, a to především mimo budovy. Krev sají hlavně na savcích (včetně člověka), v menší míře na ptácích. Zimu druh přečkává ve stadiu vajíček, i když v západní části Japonska bylo pozorováno přezimování larev. Tento komár má dlouhou doletovou schopnost, je tolerantní k nízkým teplotám a larvy jsou vysoce odolné k organickému znečištění, což ho činí ideálním invazním druhem pro možné zavlečení do chladnějších oblastí střední a severní Evropy. Naopak hůře snáší vyšší teploty (teplota vody více než 30 °C omezuje vývoj larev), což vysvětluje nízký stupeň rozšíření ve Středozeví. Typickými lůhništi jsou přirozené vodní rezervoáry, kaluže, ale i různé předměty naplněné vodou (barely, kontejnery aj.). Na základě ekologických studií byla pozorována kompetiční schopnost larev *A. japonicus* ve společných lůhništích s jinými druhy komárů (*A. albopictus*, *A. triseriatus*, *A. atropalpus*).

V Evropě byl *A. japonicus* poprvé zjištěn v r. 2000 v severní Francii (Normandii), kde se ho podařilo dočasně eliminovat, nyní se však znovu objevil. Výskyt byl v dalších letech prokázán v Belgii, Švýcarsku, Německu, Rakousku, Slovinsku, Maďarsku, Nizozemsku, Chorvatsku, Lichtenštejnsku a Itálii.

V USA je uváděn jako možný přenašeč viru západonilské horečky (i laboratorně). Dále byla experimentálně prokázána jeho role v přenosu virů japonské encefalitidy, La Crosse a Saint Louis, východoamerické encefalomyelitidy koní, chikungunya, dengue i Rift Valley.

● ***Aedes koreicus* (syn. *Ochlerotatus koreicus*, *Hulecoeteomyia koreica*)**

Endemicky se vyskytuje ve východní Asii (Jižní Korea, Čína, Japonsko, Rusko).

Vzhledem se podobá předchozímu druhu *A. japonicus*. Na hrudi má zřetelné zlatavé podélné pruhy, na člancích končetin světlé kroužky (obr. 11).

Vyznačuje se denní aktivitou, přednostně se zaměřuje na savce, ochotně saje na domácích zvířatech (především skotu), ale i na člověku. Pro kladení vajec vyhledává přírodní místa (dutiny ve stromech, tlející listí, dešťovou vodu) i již výše zmíněné předměty lidského původu. Zimu přečkává ve stadiu vajíček (je tolerantní k vysoušení i nízkým teplotám).

Zjištěn byl v r. 2008 v Belgii, následovaly Itálie, Německo, Švýcarsko a v r. 2016 Maďarsko.

Experimentálně byla prokázána jeho role v přenosu viru japonské encefalitidy, ale i filárie vlasovce psího (*D. immitis*), napadajícího srdeční komoru a plicní artérie psů i jiných masožravců, a *Brugia malayi*, parazitující v lymfatickém systému člověka.

● ***Aedes atropalpus* (syn. *Ochlerotatus atropalpus*, *Georgecraigius atropalpus*)**

Tento komár endemicky obývá USA, jižní Kanadu a Střední Ameriku (zejména Mexiko).

Na hrudi má namíchaný žlutavý i tmavý šupinky, uprostřed hrudi široký tmavý středový pás. Na chodidlových člancích končetin jsou světlé proužky.

Ochotně saje na člověka a dalších savcích, ale i na ptácích, a to převážně v denních hodinách. Vajíčka jsou stejně jako u jiných zástupců rodu *Aedes* značně odolná k vysoušení, což společně s prokázanou schopností autogenie (produkce vajíček bez příjmu krve) usnadňuje další šíření. Jeho typický biotop představují vodní ekosystémy, ale využívá také umělé rezervoáry naplněné vodou popsané výše. Na základě několika studií je zvažován jeho populační pokles v USA v důsledku kompetice larev s invazním druhem *A. japonicus*. Doleťová vzdálenost *A. atropalpus* není velká (zdržuje se v blízkosti lůhnišť). Klimatické modely však nevylučují jeho další postup Evropou.

V Itálii byl zaznamenán v r. 1996, posléze ve Francii (2003) a Nizozemsku (2009), kam byl zavlečen nejspíše dovozem ojetých pneumatik.

Ve volné přírodě v něm byl nalezen virus západonilské horečky, laboratorně se prokázal jako přenašeč virů West Nile, La Crosse a Saint Louis (zvažuje se transovariální přenos), japonské encefalitidy, encefalitidy Murray Valley i východo- a západoamerické encefalomyelitidy koní.

● ***Aedes triseriatus* (syn. *Ochlerotatus triseriatus*)**

Severoamerický druh převážně lesních biotopů. Dospělý komár má na hrudi široký

tmavý pás, na bocích stříbrně zbarvené šupinky. Chodidlové články jsou tmavé, bez světlých kroužků. K primárním hostitelům patří nejčastěji veverky, jeleni, vačice nebo králci, saje však i na ptácích, obojživelnících, plazech a člověku. Vykazuje převážně denní aktivitu s maximem v časně ranních a pozdě odpoledních hodinách. Jeho doletová vzdálenost je omezená (do 200 m). V severních oblastech přečkává zimu ve stadiu vajíček, na jihu lze v zimě nalézt larvy. V přirozeném biotopu vyhledává pro kladení dutiny stromů, v městském prostředí je schopen využívat vodu zachycenou v různých předmětech. Experimentálně byla prokázána kompetice larv s komáry *A. albopictus* a *A. japonicus* ve společných líhništích.

V současnosti máme zatím zjištěn výskyt pouze ve Francii v r. 2004, kde byly larvy nalezeny v pneumatikách dovezených z USA. Ve stejném období v místě introdukce probíhal insekticidní postřik proti *A. albopictus*, což pravděpodobně vedlo zatím k zamezení dalšího šíření *A. triseriatus*.

Je primárním vektorem viru La Crosse na východě USA (prokázán transovariální přenos – virus nalezen v larvách) a potenciálním přenašečem viru západonilské horečky, jenž byl doložen přímo v komárech v Louisianě. V laboratoři byla prokázána vektorová kompetence k virům West Nile, Saint Louis, dengue, žluté zimnice, východoamerické, západoamerické a venezuelské encefalomyelitidy koní.

Medicínsky významné arboviry přenášené komáři

Slovo arbovirus bylo navrženo americkým entomologem a parazitologem Williamem C. Reevesem a doporučeno k používání Světovou zdravotnickou organizací (WHO) v r. 1960. Je akronymem anglického arthropod-borne virus (navrženého W. M. Hammonem r. 1958), tedy virus „přenášený“ z členovce (Arthropoda). Arbovir netvoří taxonomickou, ale ekologickou skupinu (o taxonomii virů viz např. Živa 2000, 6: 245–248), a její příslušníci náležejí do 8 čeledí: *Bunyviridae* (51 % arbovirů), *Reoviridae* (14 %), *Flaviviridae* (12 %), *Rhabdoviridae* (10 %), *Togaviridae* (8 %), *Orthomyxoviridae*, *Poxviridae* a *Asfaviridae*. Celosvětově je podle International Catalogue of Arboviruses registrováno téměř 500 známých arbovirů a asi u 130 z nich byla prokázána souvislost s lidským onemocněním. Mnohé z nich jsou původci lokálních epidemií (např. dengue nebo žluté zimnice) na všech kontinentech s výjimkou Antarktidy. V České republice byl prokázán výskyt 9 arbovirů (viry středoevropské klíšťové encefalitidy, západonilské horečky – West Nile, Batai, Ťahyňa, Lednice, Sedlec, Uukuniemi, Tribeč a Usutu), z nichž nemoc u člověka prokazatelně způsobují viry klíšťové encefalitidy, West Nile, Ťahyňa, Usutu a Tribeč.

Virové nákazy přenášené komáři bezsporně patří mezi nejvýznamnější infekční nemoci dneška (tab. 2).

Scénář, který se pravidelně opakuje

V srpnu a září 2007 propukla vůbec první evropská epidemie (asi 250 potvrzených případů) horečky chikungunya v severní

Itálii (okolí Ravenny) – první zjištěný případ (tzv. index case) byl nakažený (viremický) turista z Indie a lokálně přenašečem dříve do této oblasti introdukovaný komár *A. albopictus*. V Evropě tehdy nebylo zaznamenáno žádné úmrtí, na rozdíl od rozsáhlé epidemie na francouzském ostrově Réunion (Indický oceán) v letech 2005–06, při které bylo potvrzeno 266 tisíc případů (na celém ostrově žije asi 770 tisíc obyvatel) a nákaze podlehl 248 lidí. Ojedinelá onemocnění touto horečkou byla zaznamenána v jižní Francii v r. 2014, kde byl přenašečem již etablovaný *A. albopictus*.

V r. 2012 propukla velká epidemie dengue na portugalském atlantském ostrově Madeira, při které bylo laboratorně prokázáno 669 případů onemocnění a primárním vektorem byl *A. aegypti* opětovně introdukovaný na ostrov teprve v r. 2004. Molekulárně-epidemiologické studie prokázaly, že epidemie horečky na Madeiře byla zřejmě způsobena zavlečením viru nakaženým cestovatelem z Jižní Ameriky. Nedávno byly zaznamenány ojedinelé případy horečky dengue v Chorvatsku (2010) a jižní Francii (2010, 2013, 2014, 2015), kdy figuroval jako přenašeč starý známý *A. albopictus*.

V tomto kontextu se často diskutuje o možném rozšíření viru Zika v Evropě, kdy podle posledních experimentálních studií bylo prokázáno, že dokonce středoevropské populace *A. albopictus* jsou schopny tento virus přenášet.

Scénář bývá u humánních epidemií arboviróz v Evropě podobný. Rizikem bývá často viremický cestovatel, u něhož virus cirkuluje v krvi v dostatečném množství k nákaze místně se vyskytujícího, ale nepůvodního komářího vektoru, a tím je otevřena cesta k možnému propuknutí exotické nákazy v dosud panenském území. Může však dojít i k přímému zanesení nakaženého přenašeče, jak se nejspíše stalo při introdukci viru západonilské horečky do USA (zřejmě infikovaným komárem rodu *Culex* na palubě letadla z Izraele). V neposlední řadě hrají roli další obratlovci (např. stěhovaví ptáci), kteří při svých migračních zastávkách mohou být zdro-

jem exotických arbovirů pro lokální druhy komárů, tak jako v případě rozšíření původně afrických virů West Nile nebo Usutu v Evropě. V budoucnu se tak jistě můžeme dočkat dalších epidemií arbovirových nákaz včetně aktuální hrozby výskytu (emergence) nových virů, k jejichž šíření přispívá řada environmentálních a socioekonomických faktorů včetně globalizace a jejichž dopad lze dopředu s teží předvídat (tab. 3).

Nejen přenašeči, ale také ohrožení lokální fauny

Úspěch invaze, tj. že se určitý komáří druh usídlí v daném regionu a může se dál šířit, často záleží na vzájemné interakci s původními (nebo jinými zavlečenými) druhy komárů, s nimiž invazní druhy sdílejí společný biotop včetně líhnišť. Dochází k těsným vzájemným interakcím a nakonec k ovlivnění druhové skladby. Někdy však invazní druh může vyplnit prázdnou niku – obsadit dříve nevyužitý biotop či zdroje. K interakcím dochází na několika úrovních, kdy rozlišujeme mezidruhovou kompetici, parazitismus nebo dokonce predaci. Při mezidruhové kompetici larvy nejčastěji soutěží o zdroje živin, dále dochází k interferencím fyzikální a chemické povahy (produkce toxinů a odpadních látek), při páření, nebo ke zpoždění ve vývoji larv (larvy nižších instarů reagují zpomalením vývoje následkem přítomnosti larv čtvrtého instaru jiného druhu). Přenosem původců parazitárních infekcí si vysvětlujeme např. možnou eliminaci severoamerické populace *A. aegypti* šířícím se *A. albopictus* (prvoci *Ascogregarina taiwanensis*, kteří běžně parazitují *A. albopictus*, mohou infikovat *A. aegypti* a způsobit jeho zvýšenou mortalitu, naopak prvoci parazitující *A. aegypti* negativně neovlivňují *A. albopictus*). Predaci lze pozorovat u druhů *A. albopictus* a *A. triseriatus*,

12 Aplikace larvicidních látek je v současnosti nezbytným prostředkem pro účinnou likvidaci přemnožených komárů, probíhá ve spolupráci s orgány státní ochrany přírody. Foto O. Šebesta



Tab. 2 Přehled významných arbovirů přenášených komáry včetně onemocnění, jež způsobují ve světě.

Vysvětlivky: EEE – virus východoamerické encefalomyelitidy koní, WEE – virus západoamerické encefalomyelitidy koní, VEE – virus venezuelské encefalomyelitidy koní, CHIK – virus horečky chikungunya, ONN – virus o'nyong nyong, SIN – virus Sindbis, MAY – virus Mayoro, RR – virus Ross River, BF – virus Barmah Forest, JE – virus japonské encefalomyelitidy, WN – virus West Nile, SLE – virus encefalomyelitidy St. Louis, MVE – virus encefalomyelitidy Murray Valley, YF – virus žluté zimnice, DEN – virus dengue, ZIK – virus Zika, ROC – virus Rocio, TAH – virus Ťahyňa, CE – virus kalifornské encefalomyelitidy, LAC – virus La Crosse, SSH – virus Snowshoe hare, INK – virus Inkoo, JC – virus Jamestown Canyon, ORO – virus Oropouche, KET – virus Keterah, RVF – virus horečky údolí Rift, VSV – virus vezikulární stomatitidy.

Taxonomie	Onemocnění	Hlavní klinické symptomy	Rozšíření
<i>Togaviridae</i>			
EEE	encefalomyelitida	horečka, encefalomyelitida (zánět mozku a míchy)	Severní Amerika
WEE	encefalomyelitida	horečka, bolest hlavy, encefalomyelitida	Severní Amerika
VEE	encefalomyelitida	horečka, encefalomyelitida	Jižní Amerika
CHIK	horečka chikungunya	horečka, bolest hlavy a kloubů (artritida), vyrážka	tropy
ONN	horečka o'nyong nyong	horečka, bolest hlavy, artritida, vyrážka	tropická Afrika
SIN	horečka Sindbis	horečka, bolest hlavy, artritida, vyrážka	kosmopolitní (mimo Ameriku)
MAY	horečka Mayoro	horečka, bolest hlavy, artritida, vyrážka	Jižní Amerika
RR	epidemická polyartritida	horečka, bolest hlavy, artritida, vyrážka, postižení ledvin, splenomegalie (zvětšení sleziny)	Austrálie
BF	epidemická polyartritida	horečka, bolest hlavy, artritida, vyrážka, postižení ledvin, splenomegalie	Austrálie
<i>Flaviviridae</i>			
JE	japonská encefalomyelitida	horečka, bolest hlavy, křeče, encefalomyelitida (parézy)	východní a jižní Asie
WN	západonilská horečka	horečka, bolest hlavy, faryngitida, lymfadenitida, meningitida, encefalomyelitida	kosmopolitní
SLE	encefalomyelitida St. Louis	horečka, bolest hlavy, meningitida, encefalomyelitida	Severní Amerika
MVE	encefalomyelitida Murrey Valley	horečka, bolest hlavy, encefalomyelitida (paralýzy)	Austrálie
YF	žlutá zimnice	horečka, bolest hlavy, zvracení, hepatotropismus (ikterus, nekróza jater)	tropická Afrika a Jižní Amerika
DEN	horečka dengue	horečka, bolest hlavy, kloubů a očí, nevolnost, krvácivé projevy	tropy
ZIK	horečka Zika	horečka, vyrážka, zánět spojivek, artritida	tropy
ROC	encefalomyelitida Rocio	horečka, bolest hlavy, encefalomyelitida	Jižní Amerika
<i>Bunyaviridae</i>			
TAH, CE, LAC, SSH, INK, JC	valtická horečka a různé encefalomyelitidy	horečka, bolest hlavy a svalů, nevolnost, faryngitida	Eurasie, Afrika, Severní Amerika
ORO	horečka Oropouche	horečka, bolest hlavy, svalů a kloubů, zvracení	Jižní Amerika
KET	horečka Keterah	horečka	Střední Asie
RVF	horečka údolí Rift	horečka, bolest hlavy, kloubů, poruchy vidění, hemoragie, nekróza jater, encefalomyelitida	Afrika
<i>Rhabdoviridae</i>			
VSV	vezikulární stomatitida	horečka, bolest svalů, vezikuly v ústech	Amerika

kdy larvy čtvrtého instaru *A. triseriatus* jsou schopny požírat nově vylíhlé larvy *A. albopictus*.

Invaze komářích druhů však může mít z pohledu veřejného zdraví hypoteticky i pozitivní efekt. Může totiž vést k omezení přenašeče v původní lokalitě, a tedy výskytu onemocnění, jež přenáší. Invazní druhy ale na novém území mohou hrát i roli dalšího (sekundárního) nebo potenciálního vektoru, a tím naopak eskalovat již přítomnou nákazu. Stejně tak mohou přinášet nové patogeny a panenské oblasti vystavit riziku nových epidemií.

Tygrí komár na jižní Moravě

I když v Evropě nepochybně dochází k postupnému šíření invazních druhů komářů, je zde jejich výskyt zatím občasný, s výjimkou *A. albopictus*. Tento druh, na evropském kontinentě poprvé zjištěný v 70. letech 20. stol., se zde již trvale usadil a v některých jižních oblastech (především v Itálii a Španělsku) se vyskytuje velmi masivně. Je schopen zimní diapauzy a jeho vajíčka přežívají i poměrně nízké teploty. V r. 2012 byl tento druh nalezen i na našem území. V pastech typu ovitrap rozmístěných na parkovištích u Mikulova na jižní Moravě jsme objevili 17 larev. V r. 2016 bylo dokonce natchytáno 66 larev současně na třech lokalitách. Diskuze

o možnosti usazení nebo dokonce šíření *A. albopictus* v České republice je proto aktuální. Právě jižní Moravu lze považovat za místo s největší pravděpodobností trvalého usídlení tohoto komára u nás. Přes jižní Moravu totiž vedou důležité komunikace sloužící k tranzitu zboží i osob z Balkánu a Itálie, tedy z oblastí, kde se *A. albopictus* trvale vyskytuje, a na parkovištích může dojít k zavlečení.

Zároveň tato oblast patří k nejteplejším místům naší republiky s teplotami blízkými hraničním hodnotám umožňujícím přežití druhu, resp. jeho evropské varianty: průměrné letní teploty jsou zde vysoké. V posledních letech přibývá dnů označovaných jako tropické (maximální teplota vyšší než 30 °C), ale i tropických nocí (minimální teplota vyšší než 20 °C). Jsou tedy dostačující, aby se mohl úspěšně a opakovaně uskutečnit rozmnožovací cyklus. Pro trvalé usazení *A. albopictus* jsou limitujícím faktorem zimní teploty. Práh přežití vajíček během zimní diapauzy pro vajíčka evropské populace se však často blíží teplotním hodnotám zjištěným i na jižní Moravě. Jako průměrná teplota nejchladnějšího měsíce potřebná pro prezimování je uváděn +1 °C, teplota pod -1 °C se již považuje za zcela nevhodnou. Na hydrometeorologické stanici ve Velkých Pavlovicích byla lednová teplota v letech 1961–91

v průměru -1,9 °C, v posledních desetiletích však vysoce převažují teplotně nadnormální zimy a např. v r. 2008 dosáhla hodnoty +2,1 °C. Jako limitní je třeba považovat i krátkodobý pokles minimální teploty. Bylo zjištěno, že při -7 °C přežívají vajíčka *A. albopictus* až 24 hodin, ale při -10 °C již v omezené míře a při poklesu na -12 °C jen asi jednu hodinu. V r. 2008 byla minimální lednová teplota ve Velkých Pavlovicích -6,8 °C. Zde je nutno ještě přihlídnout k tomu, že se kontejnery s vodou a vajíčky mohou nacházet na chráněných místech, kde pokles teploty nemusí být výrazný.

Domovem východoasijských druhů *A. japonicus* a *A. koreicus* jsou naopak oblasti ležící v mírném pásu, tyto druhy tedy snáší poměrně dobře nižší teploty a dokážou přezimovat ve stadiu vajíček. V našich klimatických podmínkách musíme počítat s jejich možným šířením, jak ukazují příklady ze sousedního Rakouska, Švýcarska nebo Německa.

Africký arbovirus na Lednických rybnících

Postavení jižní Moravy je z hlediska výskytu komářů v rámci České republiky i jinak výjimečné. Při dolních tocích řek Moravy a Dyje a jejich přítoků se i přes mnohé změny biotopů zachovaly stále poměrně

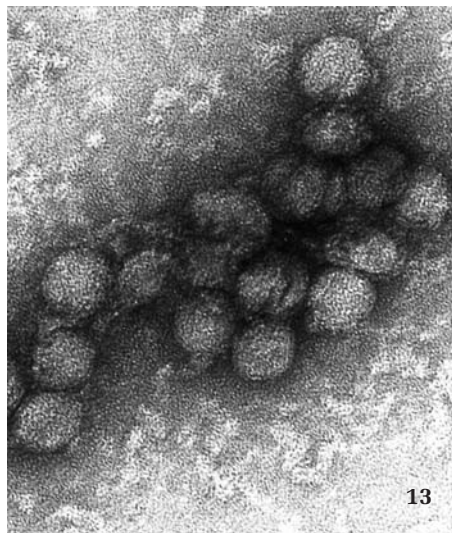
rozsáhlé plochy lužních lesů. Tento nepochybně kladný fakt má určité negativní dopady na obyvatelstvo. V lužních lesích a přilehlých nivách se totiž nacházejí rozlehlá lánoviště našich původních druhů komárů, zejména rodu *Aedes* (obr. 1). Dochází zde proto k častým a rozsáhlým komáří kalamiťám (hlavně po trvalých deštích a povodních), jejichž důsledky pociťují desítky tisíc obyvatel v okolních městech a obcích. Protože se lánoviště mnohdy nacházejí v příhraničním pásmu, komáři hojně zaletují i do přilehlých regionů v Rakousku a na Slovensku.

Po katastrofických záplavách v r. 1997 došlo ke kalamiťnému pomnožení komárů a naše laboratoř poprvé izolovala virus západonilské horečky (subtyp Rabensburg), a to z komárů pisklavých (*Culex pipiens*). Bylo prokázáno několik případů onemocnění člověka na Břeclavsku a diagnostikovány protilátky k viru u 2 % vyšetřené populace. V letech 1999 a 2006 byl tento virus izolován opět z komára pisklavého a také dalšího původního druhu *A. rossicus*. V letech 2013 a 2015 bylo v komárech na rybnících v Lednicko-valtickém areálu a na Mikulovsku detekováno několik kmenů viru West Nile (obr. 13), tentokrát nebezpečné neuroinvasivní formy (linie 2), která u lidí způsobuje vážnou klinickou formu západonilské horečky včetně meningitid a meningoencefalitid a v posledních desetiletích zapříčinila náhlé vlny epidemii především v jižní Evropě (Maďarsku, Srbsku, Rumunsku nebo Řecku). U nás onemocnění způsobené linií 2 nebylo dosud zaznamenáno (nejblíže popsán je případ při našich hranicích s Rakouskem), ale po výraznějších srážkách a přemnožení lokální komáří populace lze očekávat i tyto případy nebo dokonce epidemický výskyt podobně, jako se stalo po povodních v r. 1997 v případě západonilské horečky. Dalším patogenním arbovirem zjištěným na jižní Moravě je virus Usutu, který se nám v r. 2012 podařilo izolovat z mrtvého kosa černého (*Turdus merula*) a v r. 2013 také z komárů. Tento původně africký arbovirus nyní působí rozsáhlé epizootie u ptáků v západní Evropě. V r. 2012 jsme v komárech zachytili několik parazitických filárií *Dirofilaria repens*, která je nositelem onemocnění u psů a výjimečně u člověka.

Nadměrný výskyt komárů představuje v této oblasti tedy nejen problém ekonomický (především v rámci turistického ruchu nebo zemědělství), ale hlavně zdravotní (nadměrné napadání obyvatelstva a přenos chorob). Dlouhodobý výzkum s využitím moderních molekulárních metod přináší důležité informace využitelné pro nastavení vhodných opatření k omezení výskytu komárů (obr. 12).

V první linii záchytu nových agens a vektorů onemocnění

Laboratoř medicínské zoologie při Ústavu biologie obratlovců AV ČR, v. v. i., ve Valticích na jižní Moravě se již skoro 40 let zabývá výzkumem ekologie zoonotických virů s důrazem především na agens přenášená krevsajcími členovci (komáři a klíšťaty). Na pracovišti bylo za tuto dobu popsáno několik nových arbovirů (např. virus subtypu Rabensburg nebo virus Sedlec) a provedena řada eko-epidemiologických



13 Virus West Nile způsobující západonilskou horečku. Snímek z elektronového mikroskopu. Foto C. Goldsmith z amerického Centers for Disease Control and Prevention (CDC), s laskavým svolením

studí zaměřujících se na cirkulaci arbovirů v přírodních ohniscích nákazy a monitorování hematofágních členovců a volně žijících obratlovců na přítomnost arbovirů. Cílem výzkumu je lépe poznat chování arbovirů v jejich přírodních i urbanických cyklech a pokusit se stanovit vhodná kontrolní a zejména preventivní opatření (blíže viz tab. na webové stránce Živy). Laboratoř úzce spolupracuje se zoology, entomology, infekcionisty, epidemiology, veterináři, matematiky (predikce výskytu nákaz) a geografy (prostorová epidemiologie). Pouze mezioborová spolupráce (tzv. přístup One Health) totiž přináší komplexní informace o zoonozách přenášených

Tab. 3 Environmentální a sociální faktory přispívající k šíření invazních komářích vektorů a jimi přenášených nákaz

<p>Socioekonomické faktory</p> <ul style="list-style-type: none"> ● stupeň urbanizace krajiny včetně její suburbanizace ● osvojování nových území (kolonizace) a návazné antropogenní zásahy do ekosystémů ● rychlý mezinárodní transport a rozvoj mezinárodního obchodu ● zvýšená mobilita a migrační schopnost lidské populace, imigrace ● migrace pracovníků ze zahraničí ● turistika, rekreace a volnočasové aktivity ● expanze a intenzifikace zemědělství ● dovoz a vývoz zvířat, jejich produktů a živočišných potravin ● dovoz a chov exotických živočichů pro zoologické zahrady, privátní potřeby a výzkum ● profesionální nákazy (veterináři, chovatelé, zpracovatelé masa a zvířecích produktů) ● krevní deriváty (transfúze krve a transplantace orgánů) ● sociální katastrofy nebo stresy (války, uprchlické tábory, hladomor)
<p>Přírodní faktory</p> <ul style="list-style-type: none"> ● klima (teplota, srážky) ● zeměpisná šířka ● nadmořská výška a členění reliéfu ● přírodní katastrofy (povodně, tsunami aj.) ● velikost, hustota a vývoj populace (populační dynamika) obratlovcích hostitelů (rezervoárů) nákaz i bezobratlých přenašečů (komárů) ● jejich bionomie a etologie, fenologie (sezonnost) ● mobilita a migrační schopnosti hostitelů i bezobratlých přenašečů ● imunita populací obratlovců ● vektorová kompetence komárů ● přítomnost stresových faktorů v populaci hostitele ● charakter a typ vegetace ● změny patogenů samotných, druhového okruhu jejich hostitelů, vektorů

hematofágními členovci. Současně těží ze svého geografického umístění. Dlouhodobě také spolupracujeme s významnými partnerskými laboratořemi v zahraničí (např. Veterinární univerzitu ve Vídni, Pasteurovým ústavem v Paříži, Szent Istvan univerzitou v Budapešti, Curyšskou univerzitou a univerzitou v Marseille) a také s Evropským centrem pro prevenci a kontrolu nemocí ve Stockholmu nebo s americkým Centrem pro kontrolu a prevenci nemocí ve Fort Collins. Díky globalizaci dnes čelíme hrozbám v podobě nových (emergentních) nebo se navracejících (re-emergentních) nákaz. Tyto hrozby jsou však pro vědce hlavně výzvou k jejich lepšímu monitorování, prevenci a kontrolování.

V současnosti se Laboratoř medicínské zoologie ve Valticích zabývá aktivním monitorováním invazních druhů komárů. Chtěli bychom touto cestou vyzvat širší čtenářskou obec ke spolupráci při odchytu invazních druhů komárů. Prosíme čtenáře, aby v případě nálezu komárů, kteří svým vzhledem připomínají některý z popsaných druhů, dotyčného jedince buď poslali poštou na adresu naší laboratoře, nebo alespoň vyfotografovali a snímek poslali na e-mailovou adresu autorů uvedenou v kontaktních adresách na str. CXV kulérové přílohy této Živy. Budete nápomocni se získáváním důležitých dat k možnému introdukcí těchto komárů na naše území. Děkujeme za spolupráci.

Výzkum podpořila Grantová agentura České republiky (projekt 16-20054S) a také projekt regionální spolupráce Akademie věd ČR (R200931601) s městem Břeclav a Jihomoravským krajem.

Seznam použité literatury a doplňující tabulky najdete na webové stránce Živy.