

# Nepůvodní invazní patogeny dřevin – výzva, nebo předem ztracený boj?

Jedním z mnoha aspektů vývoje civilizace s nezamýšleným důsledkem je stírání geografických bariér a záměrné i nechtěné šíření mnoha druhů organismů do nových oblastí. Expanze západní civilizace v posledních 500 letech a zejména pak mohutný rozvoj mezinárodního obchodu ve 20. stol. vedly k zavlékání tisíců druhů organismů do nových míst a k dočasným nebo trvalým změnám v síti vztahů uvnitř invadovaných společenstev – tedy společenstev kolonizovaných invazními druhy. V některých případech (odhaduje se zhruba 10 % celkového počtu invazí) jsou tyto změny zásadní a patří mezi ně např. poškození biodiverzity, struktury a funkcí invadovaných ekosystémů. Jednou z velmi důležitých, u nás však opomíjených, skupin invazních organismů jsou houby – především patogeny dřevin jako klíčových druhů společenstev. Některé z nich mají totiž značný potenciál skrze svého hostitele výrazně poškodit celý zasažený ekosystém. Pokud na území zdomácní a dostatečně se rozšíří, je už zásadní omezení jejich vlivu či dokonce jejich vymýcení a návrat do stavu původního bohužel zcela nereálný. Invadovaná prostředí, včetně našich, se nezadržitelně mění a budoucí stav – doufejme, že ne příliš vychýlený a nestabilní – bude jiný než dnešní. Introdukce exotických patogenů tak představují zásadní výzvu pro udržitelné lesnictví, ekonomiku venkova a užívání krajiny vůbec.

## Houby a houbové patogeny

V invazní ekologii byla dlouhodobě a vcelku pochopitelně věnována pozornost především nápadným organismům, např. cévnatým rostlinám a obratlovcům, zatímco výzkum jiných skupin, např. hub, byl nerosrovnatelně méně intenzivní. Přestože jsou houby druhou nejpočetnější skupinou organismů na Zemi (jejich počet se odhaduje mezi 1,5–5 miliony druhů), jejich podíl v databázích invazních druhů zůstává nízký. Např. ve Světové databázi invazních druhů (GISD, Global Invasive Species Database) tvoří jen necelých 5 % houby a houbám podobné organismy – tedy organismy morfologicky i ekologicky podobné houbám, ale řazené mimo říši Fungi (např. řasovky – Peronosporomycota); pro zjednodušení budou v článku označovány souhrnně jako houby. Na seznamu 100 nejvýznamnějších nepůvodních invazních druhů téže databáze pak nalezneme jen pět druhů hub. Na evropském seznamu nepůvodních druhů organismů (DAISIE, Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) pak figuruje prozatím pouze 668 hub, a podobně na národních seznamech zemí, kde byly poněkud důkladněji zpracovány, najdeme několik desítek, nejvýše stovek položek. Příčinou je zjevně malá nápadnost a nedostatečný výzkum, nikoli snad malý invazní potenciál. Malou prozkoumanost potvrzuje např. fakt, že přes 30 % druhů nepůvodních hub v databázi DAISIE je vedeno jako kryptogenní (tj. bez známého původního areálu), a plná polovina druhů

byla popsána či taxonomicky zrevidována až po r. 1950.

Existuje ovšem jedna ekologická skupina hub, u níž tato výrazná limitovanost v rámci seznamů do takové míry neplatí – houby patogenní (resp. paraziti rostlin a živočichů), které mimo jiné představují zhruba 80 % zástupců hub na seznamu DAISIE. Znovu zde platí, že druhy nápadné nebo prakticky významné jsou podstatně lépe prostudovány a známy. Jen pro ilustra-



ci – jak bylo výše řečeno, seznam 100 nejvýznamnějších nepůvodních invazních druhů v databázi GISD sice obsahuje jen pět druhů hub, ale zato jde o významné a široce rozšířené parazity – tři u rostlin – *Ophiostoma ulmi* v širším pojetí (včetně *O. novo-ulmi*), *Cryphonectria parasitica* a *Phytophthora cinnamomi*, dva u živočichů: *Batrachochytrium dendrobatidis* (viz Živa 2010, 5: 241–244) a *Aphanomyces astaci* (Živa 2013, 1: 31–34). Shodou okolností se všechny vyskytují i v České republice.

Důležitost invazních patogenů a možné dopady nově se objevujících infekčních onemocnění – tzv. EIDs (Emerging Infectious Diseases), která způsobují, bývají dosud obecně podceňovány (blíže např. Živa 2010, 5: 241–244), přitom mají zcela zásadní význam. Riziko samozřejmě představují primárně pro nové hostitele, kteří vzhledem k chybějící koevoluci nemusejí mít vynutit dostatečně efektivní rozpoznávací a obranné mechanismy. V důsledku rozvoje EIDs pak může dojít ke kritickému úbytku jejich populací a v některých případech i k vymizení druhu (extinkci). Z globálního pohledu jsou EIDs přímo zodpovědné za téměř 4 % extinkcí. Mnohem častěji však dojde k více či méně podstatné redukci početnosti populace hostitelů s následnou ztrátou genetické diverzity nebo dokonce ke kolapsu zbytkové populace v důsledku náhodné události či Alleeho efektu (pokles početnosti populace pod kritickou mez) – jako typický příklad jmenujme grafiozu jilmů způsobenou *O. novo-ulmi*, kdy došlo k poklesu početnosti populací jilmů ca na 5–10 %, genetickému driftu (posunu) a ohrožení populací závislých druhů.

Protože jsou patogeny lesních dřevin jednou ze složek s klíčovými vlivem na dynamiku a diverzitu v lesní krajině, lze očekávat, že spolu s hostitelem bude postiženo mnoho závislých druhů. V tomto případě mají dokonce větší význam než grafioza dnes probíhající invaze voskovičky jasanové (*Hymenoscyphus fraxineus*) a plísně olšové (*Phytophthora xalni*, obr. 1). Zhruba další dvě desítky druhů, jejichž rozšíření dosud zůstává velmi omezené, nebo se na naše území dostaly až v poslední době, lze považovat za potenciálně velmi nebezpečné. V případě většiny nepůvodních invadujících patogenů (možná až 90 %) však dochází „pouze“ k určitému doplnění spektra parazitujících druhů, posunu v síti vztahů a nanejvýše k lokálním nebo dílčím škodám, které nemusí mít zásadní dopad na porost nebo společenstvo. Vhodný příklad představuje *Cristulariella depraedans* způsobující drobné nekrózy listů javoru klenu (*Acer pseudoplatanus*), která je v posledních letech v ČR často nalézána, zatím ale významné škody nevznikly. Posuny ve vztazích ve společenstvu parazitů můžeme demonstrovat např. na padlých postižených dubu – původně americký druh padlí dubové (*Erysiphe alphitoides*), jež bylo u nás poprvé identifikováno v r. 1907, víceméně vytlačilo původní domácí druh *Phyllactinia roboris*. Podobně můžeme sledovat, jak jeden virulentnější invazní patogen postupně vytlačuje druhý méně kompetitivní – takto např. *O. novo-ulmi* nahradila svého předchůdce, rovněž nepůvodní druh *O. ulmi*, a v současné době na našem území v rámci komplexu plísně

olšové nahrazuje hybridní *P. ×alni* dříve zavlečený rodičovský druh *Phytophthora uniformis* pocházející ze Severní Ameriky.

### Invaze v Evropě

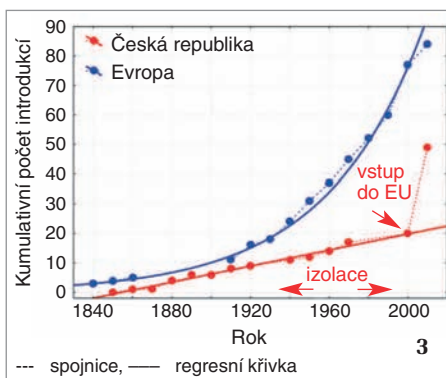
První invaze houbových patogenů dřevin jsou v Evropě doloženy z první poloviny 19. stol. (např. plíseň buková – *Phytophthora cambivora*, obr. 2). Kumulativní počet nepůvodních druhů narůstal po dlouhá desetiletí lineárně, výrazná změna nastala zhruba od 50. let 20. stol., kdy vzestup počtu druhů má exponenciální charakter (obr. 3). Počet nových záchytů činil např. ve Francii před r. 1930 necelých 0,5 za rok, naproti tomu v posledních ca 40 letech v průměru dosahuje dva nové záchyty za rok. Za tento nárůst může být ale do jisté míry zodpovědná i zvýšená pozornost věnovaná invazím a lepší dostupnost údajů (což bude jistě platit i pro ČR).

Většina patogenů byla do Evropy zavlečena jako nechtěná kontaminace rostlinného materiálu – nejčastěji přímo živých rostlin (platí zejména pro biotrofní patogeny např. z rodu *Phytophthora*), jiné se na kontinent dostaly spolu s dřevní hmotou – např. *O. ulmi* a *O. novo-ulmi*, ale tento způsob introdukce lze předpokládat i u dalších – např. u *Cryptostroma corticale* nebo *Eutypella parasitica*, které žijí ve dřevě a vytvářejí rozmnožovací struktury na kmenech a kosterních větvích vzrostlých stromů (viz dále v textu a také Živa 2016, 1: 14–17). Zavlékání se semeny bývá poměrně vzácné, prokazatelně se tak přenáší srpovnička *Fusarium circinatum* u borovic a lze ho předpokládat mimo jiné u *Sphaeropsis sapinea*, dalšího významného patogenu borovic, jehož ložiska nepohlavních spor (pyknidy) se běžně vytvářejí i na šiškách.

Počet zjištěných invazí závisí na několika faktorech – jeden z nejdůležitějších představuje rozloha území. V rámci Evropy jsou nejvíce postiženy geograficky rozsáhlé země Francie, Anglie, Německo a Itálie s vhodným klimatem a exponovanou polohou – výrazný vliv má totiž např. i četnost letišť a přístavů. Počet nepůvodních hub či patogenů také závisí na šíři environmentálních podmínek a úrovni antropogenní zátěže krajiny. Významné je rovněž množství srážek – alespoň u některých skupin patogenů jako padlí nebo řasovky, a dále např. hustota silniční sítě, objem zahraničního obchodu a obecně aktivní ekonomika. Nejvíce nepůvodních invazních houbových patogenů v Evropě pochází ze Severní Ameriky (51 %), následované Asií (28 %) a dalšími světadíly, přičemž v poslední době, celkem očekávaně, stoupá podíl zavlečených druhů z Asie.

### Situace v České republice

Invaze patogenů dřevin u nás byly až donedávna minimálně studovány a seznam nepůvodních patogenů dřevin se v zásadě omezoval na známé lesnický významné nebo snadno identifikovatelné druhy a opomíjel obtížně detekovatelné, skrytě žijící. Na současném seznamu, který obsahuje u větší části invazních druhů zároveň údaje o prvním záchytu, rozšíření a invazním statusu organismu v ČR, najdeme 90 taxonů (invaznidruhy.nature.cz). První údaj nepůvodního patogenu na našem území pochází z r. 1853 a týká se druhu *Phloeospora*



1 Rozpadající se mokřadní olšina poblíž řeky Úhlavy napadená plísní olšovou (*Phytophthora ×alni*)

2 Pohlavní orgány plísně bukové (*P. cambivora*), která napadá řadu dřevin a pochází pravděpodobně z jihovýchodní Asie. Izolat byl získán z přírodní památky Kaštánky v Nasavrkách.

3 Porovnáni vývoje kumulativního počtu nepůvodních patogenů lesních dřevin v Evropě a České republice. Použit byl srovnávací soubor dat invazních patogenů lesních dřevin Evropy (Santini a kol. 2013) a odpovídající data z ČR. Orig. K. Černý

*robiniae*, který způsobuje skvrnitost listů a usychání výhonů a drobných větví trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*). V tomto případě jde jednoznačně o druh zavlečený s jeho rovněž nepůvodním hostitelem.

Na základě srovnávacího souboru 52 druhů (mimo jiné s přesnými dataci záchytu v Evropě a v České republice) si můžeme dovolit hledat paralely a rozdíly. U nás zhruba do počátku druhé světové války se křivka vývoje kumulativního počtu patogenů velmi podobala evropské. V poválečném období už zřetelně odlišíme vývoj obou křivek – zatímco v Evropě (převažují data ze západních států) došlo k exponenciálnímu nárůstu počtu invazí, na našem území byl vývoj nadále lineární až přibližně do konce století. Poté se počet nepůvodních patogenů téměř skokově zvýšil (mezi lety 2000 a 2015 dokonce téměř o 60 %) a opět se přiblížil (západo)evropskému exponenciálnímu trendu. Lze odůvodněně předpokládat, že specifický vývoj u nás způsobila zejména izolace (nejdříve

v protektorátu a později v rámci východního bloku) přerušena až po pádu železné opony, kdy se otevřela ekonomika (obr. 3). Za část tohoto rozdílu je však zodpovědná i odlišná úroveň výzkumu na území ČR před r. 1989. Dále lze předpokládat, že během poválečného propojování západních ekonomik v rámci Evropského hospodářského společenství a později Evropské unie a postupující globalizace v západní Evropě zdomácněla skupina nepůvodních patogenů. Po otevření českých (československých) hranic se četnost invazí těchto patogenů šířících se primárně spolu s rostlinným materiálem ze západu směrem na východ pravděpodobně velmi rychle zvýšila.

Dále při podrobném pohledu na situaci v České republice můžeme konstatovat nejen, že mezi výkonností ekonomiky a kumulativním počtem nepůvodních druhů existuje dlouhodobě velice úzká vazba, ale že dokonce korelace počtu nepůvodních patogenů lesních dřevin v dekadách, kdy byly zachyceny, s hrubým domácím produktem je průkazná a poměrně vysoká. Na závěr snad lze jen říci, že v současné době patří naše území v Evropě k těm nejvíce zasaženým.

### Ochrana přírody

Dopady invaze nepůvodních patogenů dřevin můžeme zaznamenat v široké škále ekosystémů a oblastí – jednou z nejvýznamnějších je ochrana přírody a krajiny. Nejzávažnější důsledek zde představuje poškození celého ekosystému, což se může stát hlavně při napadení jednoho či dokonce více klíčových druhů dřevin společenstva a jejich plošném odumírání. Nejznámějším příkladem této situace je invaze extrémně polyfágní (bez vazby na konkrétní druh hostitele) plísně *P. cinnamomi* způsobující letální hnilobu kořenů a krčků řady dřevin a bylin, která se šíří od 60. let 20. stol. v přírodních ekosystémech Austrálie. Po napadení dochází k hromadnému odumírání hostitelských dřevin – klíčových druhů společenstev (zejména eukalyptů rodu *Monocalyptus*), poklesu zápoje stromového patra, snížení primární produkce společenstva a ke zvýšení půdní eroze. Poškozeny jsou celé populace dvouděložných i jednoděložných rostlin (např. zástupců rodu žlutokap – *Xanthorrhoea*), poskytujících úkryt a potravu drobným savcům, ptákům a hmyzu, jejichž populace jsou postiženy úbytkem stanovišť a potravní nabídky. V zasažených společenstvech mizí citlivé druhy bylin (některé se podařilo zachránit před vyhynutím převedením do kultury, jiné pravděpodobně vymizely úplně) a šíří se druhy trav schopné rychle nahradit ztrátu kořenů poškozených patogenem z adventivních pupenů.

Zvýšená půdní eroze a poškození ekosystémových služeb (snížení fixace CO<sub>2</sub>, nižší klimatizační funkce aj.) byly prokázány nebo jsou předpokládány u řady patogenů. Např. invaze *Phytophthora lateralis* způsobuje problémy v ochranných porostech cypřišku nutkajského (*Cupressus nootkatensis*; četnost půdních sesuvů se zvýšila 3,8krát na svazích s napadenými porosty) v Severní Americe. Podobně houba *Seiridium cardinale* v porostech cypřiše stálezeleného (*Cupressus sempervirens*) ve Středozeří, invaze *H. fraxineus*





způsobující nekrozu jasanu (blíže v Živě 2014, 1: 7–10) vzbuzuje obavy švýcarských lesníků sledujících stav ochranných porostů na svazích v Alpách, *Phytophthora austrocedri* (druh s nejasným původem) poškozuje společenstva s dominantním cedrem chilským (*Austrocedrus chilensis*) v Andách v Jižní Americe (obr. 4), *Phytophthora ramorum* představuje zásadní problém pro společenstva doubrav s dominantním *Notholithocarpus densiflorus* a dalšími druhy dubů (*Quercus* spp.) zase na západním pobřeží Severní Ameriky (způsobuje tzv. náhlé odumírání dubů). Invazní patogeny mají nebo mohou mít obzvláště ničivé dopady v křehkých, dlouhou dobu izolovaných ekosystémech – důkazem může být právě *P. cinnamomi* v Austrálii.

Jako další příklad uvedme plíseň olšovou, dobře známou i z České republiky, kde byla poprvé identifikována v r. 2001. Plíseň olšová způsobuje nebezpečnou a často letální hnilobu kořenů a krčků evropských olší. Význam patogenu však nelze sledovat jen v přímém poškození dřevin, jeho vliv je systémový a dá se identifikovat i očekávat v dalších oblastech. Redukce olistění a zástinu vede ke změnám toku energie a živin (např. dusíku), snížení zástiny znamená zvýšení teploty vody a významné změny v biotě toků (nárůst biomasy řas), redukce kořenových systémů je příčinou výraznější eroze břehů a změn v sedimentačních poměrech toků, zvýšení přísunu živin a polutantů splachy z okolí, poškození až zániku stanovišť mnoha druhů bezobratlých závislých na členitých kořenových systémech v březích, které se pak promítnou v potravní nabídce ryb apod. Následkem změn pokryvnosti stromového patra olšin se mohou měnit pokryvnosti druhů v bylinném patře – např. se šíří bezkolonec modrý (*Molinia coerulea*) na úkor stínomilných kapradin a v porostech mokřadních olšin může dojít k narušení jejich sukcesního cyklu. Olše lepkavá (*Alnus glutinosa*) a o. šedá (*A. incana*) jsou navíc klíčovými dřevinami břehových porostů – např. v povodí Vltavy byl jejich podíl v těchto porostech odhadnut nejméně na

50 %, což jednoznačně vypovídá o potenciálním významu choroby. Patogen navíc značně poškozuje mokřadní olšiny, luhy olše šedé a spolu s voskovičkou jasanovou také jasanové olšiny (druhá dvě společenstva patří mezi prioritní biotopy soustavy Natura 2000). Všechny zmíněné (a další) patogeny lze tedy považovat za organismy měnící charakter, strukturu a fungování invadovaných ekosystémů v rozsáhlých oblastech, tzv. transformery.

#### Invaze a lesnictví

Velký význam mají, podle očekávání, tyto patogeny v lesním hospodářství. Z poslední doby lze opět jmenovat plíseň *P. ramorum*, na příkladu výsadby modřínu japonského a m. opadavého (*Larix kaempferi* a *L. decidua*) v Irsku a Velké Británii. Tato plíseň plošně likviduje výsadby obou hostitelských dřevin – např. ve Velké Británii napadla během pěti let od prvního záchytu v r. 2009 celkem 16 tisíc ha modřínových výsadby. Kromě toho jako extrémní polyfág, který se dokáže šířit vzduchem na velké vzdálenosti, by měla vzbuzovat respekt nejen ostrovních a nejen lesníků. Abychom nechodili daleko – v České republice v důsledku invazí patogenů dřevin je ze standardního lesnického pěstování více či méně vyloučeno 7 druhů lesních dřevin – jilm horský (syn. jilm drsný, *Ulmus glabra*), j. vaz (*U. laevis*) a j. habrolistý (*U. minor*; příčinou je *O. novo-ulmi* – původce grafiozy jilmů, již za obět padlo 90–95 % populací těchto citlivých dřevin), olše lepkavá a o. šedá (fytoftorová hniloba kořenů a krčků olší způsobená plísní olšovou se dnes vyskytuje ca v 50 % lesních porostů olší) a jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*) a j. úzkolistý (*F. angustifolia*, jejich populace plošně decimuje voskovička jasanová). Dnes, necelých 10 let po prvním prokázání nálezů voskovičky jasanové v ČR, již nenajdeme porost, kde by se nevyskytovala. Zatím nejde o ekonomicky zásadní taxony – podíl olší a jasanů činí v lesích ČR dohromady 3 % (ca 80 tisíc ha). Navíc za jilm bylo možné na jejich stanovištích najít z hlediska klíčových vlastností ekosystému adekvátní (a obvykle i ekonomicky výnos-

4 Porost cedru chilského (*Austrocedrus chilensis*) napadený druhem *Phytophthora austrocedrae*. Argentina

5 Smrk pichlavý (*Picea pungens*) v Krušných horách – odumřelý po invazi pravděpodobně asijské kloubnatky smrkové (*Gemmomyces piceae*). Mrtvé stromy rychle porůstají lišejníky. Citlivost vůči patogenu pravděpodobně velmi závisí na genotypu hostitele.

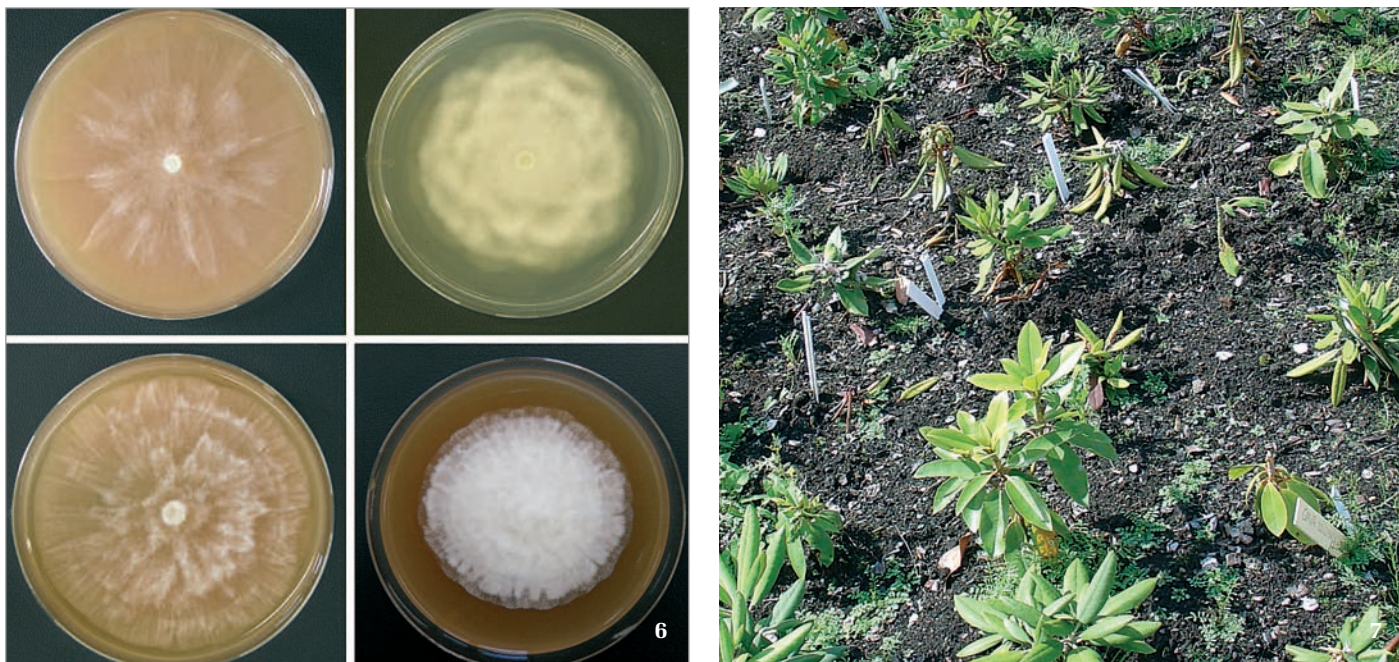
6 Nebezpečné invazní plísňe rodu *Phytophthora* bývají zpravidla velmi elegantní organismy. Zleva shora *P. citrophthora*, *P. cryptogea*, *P. multivora* a *P. ramorum*. Snímky: K. Černý a M. Mrázková

7 Produkční plocha pěnišníku (*Rhododendron* sp.) s výskytem původně jihoasijského patogenu – plísně *P. cinnamomi*. Střední Čechy

nejší) náhradu, v případě jasanů a olší to však už leckde neplatí.

Jiným nepůvodním patogenem, který se stihl mediálně proslavit navzdory svému spíše lokálnímu významu, je kloubnatka smrková (*Gemmomyces piceae*), plošně likvidující výsadby smrku pichlavého (*Picea pungens*) v Krušných horách (ca 8 tisíc ha; obr. 5) a místně i jinde. Kolem kloubnatky panovalo donedávna množství otazníků, nicméně se ukázalo, že pravděpodobně pochází z Dálného východu, na našem území se vyskytuje už déle než století (celosvětově druhý nález byl zjištěn ve Slavkovském lese), nebezpečnost je známa již přes 70 let, kdy poprvé plošně poškodila výsadby smrku pichlavého v Dánsku, a její současný masivní nástup v Krušných horách souvisí mimo jiné velmi pravděpodobně s poklesem emisí oxidu siřičitého. Obnova lesních porostů náhorní plošiny se tak výrazně komplikuje a opoždjuje, a to tím spíše, že další hojně vysazovaný taxon modřín opadavý bývá plošně napaden asijskou brvenkou modřínovou (*Lachnellula willkommii*). Na dalších zejména introdukovaných jehličnanech se ve stále větší míře v České republice objevují nepůvodní sypavky – červená sypavka borovice (*Mycosphaerella pini*) či skotská a švýcarská





sypavka douglasky (*Rhodocline pseudotsugae* a *Phaeocryptopus gaeumannii*).

Zalesňování představuje celkově vítanou příležitost pro invazní patogeny – jako doklad nám poslouží tentokrát Bavorsko. Olše tam od 80. let hojně používali v zalesňovacích programech na opuštěné zemědělské půdě a rovněž je hojně vysazovali na podmáčených plochách smrkových monokultur zničených při větrné kalamitě v r. 1990. Použité sazenice ze školek nejevily žádné známky nákazy nebo poškození, nicméně na kořenech některých z nich parazitoval do té doby neznámý organismus – plíseň olšová – který se tak podařilo velice rychle plošně rozšířit (ca 3 600 ha v r. 2004). Šíření nepůvodních patogenů spolu se sazenicemi lesních dřevin je totiž jedna z hlavních cest do lesních ekosystémů. Rámcový výzkum v ČR potvrdil, že se tímto způsobem u nás šíří mnoho invazních druhů z rodu *Phytophthora* – mimo jiné plíseň olšová, plíseň buková, *P. gonapodyides*, *P. cinnamomi*, *P. plurivora*, *P. hedraiaandra*, *P. cactorum*, *P. uniformis*, *P. cryptogea*, *P. gregata* (obr. 6) a druhy z rodu *Pythium*. Nepůvodních, invazních patogenů, které způsobují nebo mohou způsobit významné škody v lesích, dnes máme nejméně dvě, možná až tři desítky, a byly by tématem na samostatný článek.

### Co společnost a kulturní dědictví?

Asi nejznámější sociální dopad měla invaze plísně bramborové (*Phytophthora infestans*), která ve 40. letech 19. stol. vyvolala rozsáhlý hladomor v Irsku (zemřel odhadem jeden milion obyvatel) a následně vystěhovalectví; země celkem ztratila asi čtvrtinu obyvatel. Srovnatelně významných patogenů (jejichž invaze našťastí neměly tak tragické následky) jsou desítky – mezi nejnebezpečnější patří *Magnaporthe oryzae* napadající rýži, rez travní (*Puccinia graminis*) na obilí, sněť kukuřičná (*Ustilago maydis*) a mnohé další. Představují celosvětově značné a stále se zvyšující ohrožení potravinové bezpečnosti.

Ale zpět k patogenům dřevin. Jednou z oblastí, kde mají dopad rovněž nezanedbatelný, byť možná nečekaný, je oblast

kulturní. Z křiklavých příkladů uvedme recentní invazi druhu (opět s nejasným původem) *Phytophthora agathicida* v porostech damaroně jižní (*Agathis australis*) na Novém Zélandu. Jde o dlouhověkou (3 000 let) dřevinu, hrající důležitou roli v mytologii Maorů. Její rovné a téměř se nezužující kmemy měří až kolem 50 m a představují nohy boha Tane Mahuty, který odtlačil od sebe nebesa a zemi (mimo chodem své rodiče, kteří se měli velmi rádi), dovolil světlu, aby vniklo na svět mezi ně, a tak umožnil život vlastním potomkům – lidem. Porosty damaroně, vyskytující se v geograficky omezené oblasti severního ostrova, začaly být během britské kolonizace vzhledem ke kvalitnímu dřevu masivně káceny a jejich poslední zbytky jsou od 50. let 20. stol. chráněny. Bohužel dnes jsou znovu vystaveny ohrožení – tentokrát právě ze strany *P. agathicida*. Dále uvedme např. plošné poškození cypřišů ve Středozeří výše zmíněným patogenem *S. cardinale* – mortalita dřevin činí v průměru 50 % a dochází k poškození typického charakteru krajiny a kulturních památek.

V našich podmínkách se nejprve držme při zemi – jednu z rozšířených a neoddelitelných součástí mnoha cenných historických zahrad tvoří stálezelené stříhané bordury (živé ploty a dekorativní prvky). U nás je jedinou plně využitelnou dřevinou bordur a dalších tvarů zimoztráz vždyzelený (*Buxus sempervirens*), původně mediteránní druh. Od r. 1994 se v Evropě šíří houba *Cylindrocladium buxicola*, způsobující usychání listů, výhonů i a celých keřů zimoztrázu. Rozvoj choroby pak výsadby více či méně poškozuje (u nás např. ve Valdštejnské zahradě v Praze) a mohou rychle odumřít. Bohužel za zimoztráz pro tento účel nemáme náhradu (navíc se k houbě přidává rovněž nepůvodní východoasijský invazní zavíječ zimoztrázový – *Cydalima perspectalis* způsobující až holožír; Živa 2016, 1: 35) a nezbyvá než intenzivní výzkum ekologie patogenu a možností ochrany v poněkud neobvyklé spolupráci fytopatologů a zahradních architektů. Jiné rozsáhlé problémy způsobují klasické, již

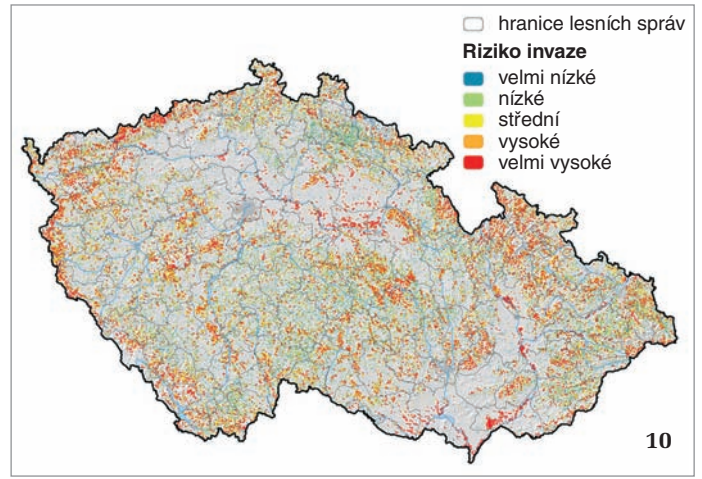
popsané patogeny lesních dřevin v anglických krajinářských parcích. Plíseň olšová např. vážně poškodila areál zámku Blatná, kde se rozšířila pravděpodobně po povodních v r. 2002. Voskovička jasanová zase ve „spolupráci“ s plísní olšovou a několika dalšími invazními patogeny, jako je polyfágní *P. plurivora* způsobující hnilobu kořenů a krčků dřevin, plošně devastují lesní a parkové porosty národní kulturní památky Zámek Veltrusy. Ke značně postiženým parkům se řadí i Královská obora v Praze.

Významný je dopad těchto organismů i v městské zeleni – jednak město s vysokou koncentrací obyvatel (jako hlavního vektoru nepůvodních patogenů), dopravy, exotických rostlin aj. představuje přirozené centrum biodiverzity exotických patogenů v krajině, a jednak vzhledem ke stresu oslabujícímu zdravotní stav dřevin poskytuje vhodnou laboratoř k identifikaci a výzkumu, jak dokládá např. *Cryptostroma corticale*, původce sazné nemoci kůry javorů. V posledním desetiletí v Praze kvůli této chorobě odumřelo několik desítek javorů klenů (především v Královské oboře, obr. na 2. str. obálky), což je vcelku drobnost. Podrobný průzkum v pražských parcích ale ukázal, že houba infikovala minimálně čtvrtinu pražských klenů (a možná i dalších javorů), patogen v nich přežívá ve více-méně neškodné endofytické fázi a čeká na zvýšenou dávku environmentálního stresu – sucha a horka, aby nemoc propukla. Poté hostitel odumírá během několika let (blíže v Živě 2016, 1: 14–17). Tento případ jasně ukazuje, jak důležité je pro lesnické fytopatology sledovat stav okrasné zeleně. Javory jsou totiž významnou lesní dřevinou připadající mimo jiné v úvahu jako náhrada za jasanů poškozené voskovičkou jasanovou, a dopad klimatické změny se lesním porostům, zdá se, nevyhne.

### Ekonomické škody

Vyjádření škod způsobených nepůvodními patogeny dřevin, jakkoli potřebné, je obtížné z řady důvodů – např. není jednoduché postihnout reálnou cenu dřevin (rostoucích mimo les) a vůbec ocenit veškeré škody včetně ekosystémových. Snadno lze





vyjádřit škody třeba ve školkařských a zahradnických podnicích, které v jednotlivých provozech mohou dosáhnout statistických až milionových částek – např. škody na produkci jasanů byly v ČR vyčísleny v r. 2012 asi na 1,33 milionu Kč. Ekonomicky byly vyjádřeny škody způsobené plísní olšovou v břehových porostech olší – v rámci studie v oblasti povodí Vltavy se zjistilo, že průměrně dosahují ca 35 tisíc Kč na 100 m jednostranného porostu (podle vyhlášky č. 441/2013 Sb. ministerstva financí) a 56,5 tisíce Kč podle metody nákladové. Výpočet zahrnul přímé škody na dřevinách, náklady na odstranění odumřelých nebo vážně poškozených dřevin, na náhradní výsadbu a její zajištění. Celkové škody v povodí Vltavy se v současné době s největší pravděpodobností pohybují v řádu miliard Kč. Jako příklad modelování škod v zahraničí lze uvést potenciální dopad invaze *P. ramorum* na dubech v Kalifornii. Model ukázal, že během let 2010–20 mohou náklady na ošetření, odstranění a náhradu napadených stromů dosáhnout 7,5 milionu dolarů, přičemž pokles ceny majetku (nemovitostí s výskytem poškozených dřevin) dosáhne až 135 milionů dolarů.

### Perspektivy

Současný trend vývoje invazí bude zřejmě pokračovat – mimo jiné proto, že efekt nasycení (viz obr. 3) je zatím v nedohlednu, stále se zvětšuje objem zahraničního obchodu (především s Asií) a rostlinolékařská opatření nemají dostatečnou účinnost. Zjevná účinnost fytoosanitárních opatření zaměřených na vyloučení konkrétních druhů nebo rodů je slabá a v některých případech zcela selhává, což potvrzuje mnoho fytopatologů po celém světě. S pomocí současných opatření nemusejí (nebo dokonce nemohou) být např. zachyceny nové patogeny – k regulaci patogenů přežívajících skrytě (např. na kořenech rostlin) a nekaranténních organismů jako víceméně necílových dochází jen náhodou. Současný systém vystavování rostlinolékařských pasů a dovozní kontroly je účinný jen do jisté míry a snadno selhává, např. když dodavatel rostliny před expedicí ošetří fungicidem, což je běžná praxe. Ošetřené asymptomatické rostliny projdou kontrolami, nicméně účinek fungicidu většinou není stoprocentní (patogen často přežívá v dormantním stavu – např. ve formě chlamydospor) a po jeho



odeznění se choroba opět rozvine – to už je ale rostlina u zákazníka. Pokud dovozcem není na možnost nechtěného importu předem připraven (a to u nás zpravidla není), může se patogen rychle rozšířit v jeho vlastních kulturách (obr. 7). Takové případy se bohužel v poslední době množí i v ČR.

Při nedostatečném efektu jsou rostlinolékařská opatření rušena (nyní to lze u nás očekávat u původce výše zmíněné červené sypavky borovic), a pak už nic nebrání, aby byly importovány další genotypy nebo rasy již zdomácnělých druhů a zvyšovala se tak jejich genetická diverzita a potenciálně fitness a virulence. Typickým příkladem, kdy k tomu v Evropě došlo, je plíseň bramborová, nebo u dřevin *O. novo-ulmi*. Jiný nepříjemný aspekt mezinárodního obchodu rostlinným materiálem spočívá v koncentraci různých původně alopatrických druhů některých rodů patogenů a jejich hybridizaci např. v podmínkách školek – právě tímto způsobem nejspíše v Evropě vznikl hybridní druh plíseň olšová – *P. xalni* (dříve *P. alni* subsp. *alni*) a další hybridní druhy v rámci rodu *Phytophthora*.

Drobný pěstitel si zase snadno dopomůže k nepříjemnostem neopatrným nákupem hlavně v zahradnických centrech v supermarketech, kde jsou soustředěna velká množství rostlin od různých, často zahraničních dodavatelů. Česká sbírka fytopatogenních oomycetů zahrnuje řadu kmenů nebezpečných invazních patogenů izolovaných právě z rostlin prodávaných ve velkých obchodních řetězcích. Zdokumentovány máme bohužel i bezskrupulózní případy, kdy viditelně poškozené rostliny s typickými symptomy napadení karanténní *P. ramorum* (která byla z mate-

8 *Eutypella parasitica* pocházející ze Severní Ameriky tvoří na kmeni javorů (u nás j. kleny – *Acer pseudoplatanus*) rozsáhlé, až téměř 2 m dlouhé nádory. Způsobuje také intenzivní hnilobu dřeva, takže ve větší míře napadené stromy se lámou. Lesní porost ve Slezsku

9 Plíseň *P. plurivora* poškozuje různé dřeviny v pražské Královské oboře, velmi dobře viditelné symptomy bývají na dřevinách s hladkou tenkou borkou, jako je např. buk lesní (*Fagus sylvatica*). 10 Předpověď rizika výskytu plísně olšové v lesních porostech ČR. Zhruba polovina výměry lesních porostů olší je v kategorii „velmi vysoké riziko“.

Převzato z publikace D. Romportla a kol. (2015), s laskavým svolením autora 11 Pieris japonský (*Pieris japonica*) napadený karanténní plísní *P. ramorum* neznámého geografického původu (typickým symptomem jsou nekrotizované výhony) získaný z volného prodeje v zahradním centru poblíž Prahy. Snímky K. Černého, není-li uvedeno jinak 12 Polyfágní plíseň *P. pseudosyringae* byla v ČR poprvé zjištěna v r. 2015 v lužním lese v Polabí. Na snímku typická zoosporangia, uvnitř kterých se vytvářejí bičíkaté zoospory. Foto M. Mrázková

riálu později izolována) byly prodávány s výraznou slevou (obr. 11).

V blízké budoucnosti můžeme s velkou pravděpodobností očekávat zdomácnění *P. ramorum* (ačkoli oficiálně byla u nás vymýcena – eradikována) a poškození některých lesních porostů (např. výsadeb modřínu), invazi druhu *P. cinnamomi* do teplomilných doubrav, rychlé šíření *C. corticale* u javorů a možná i *E. parasitica* (obr. 8), nárůst významu výrazně polyfágního druhu *P. plurivora* (obr. 9) a dalších druhů tohoto rodu v lužních lesích apod. Některá relativně známá a odhadnutelná rizika by teoreticky šlo alespoň zčásti podchytit a nějakým způsobem (případně i preventivně) na ně reagovat. Největší rizika však pravděpodobně v budouc neznáme – nejproblémovější introdukce transformérů (*O. novo-ulmi*, *H. fraxineus*, *P. alni*) se udály zcela neočekávaně, náhle a plošně po velké části kontinentu. Nejde o náhodu, jistou příčinu v úspěchu lze spatřovat ve skutečnosti, že zde tyto patogeny dokázaly zdomácnět a šířit se napříč kontinentem bez zásadního přispění člověka (prostřednictvím přenašečů, vzduchem,

vodou), a tudíž běžná regulační opatření zaměřená primárně na obchod s rostlinným materiálem selhávala. Všechny pocházejí zároveň ze vzdálených koutů planety a v místech svého původního výskytu (v případě *O. novo-ulmi*, *H. fraxineus* a *P. alni* jde zřejmě o Himálaje, východní Asii a západ Severní Ameriky) zjevně působily nejvýše nevýznamná poškození svých hostitelů, což vylučuje možnost jakéhokoli odhadu jejich potenciální patogenity pro naše dřeviny. Podobných organismů však mohou být na celém světě stovky.

#### Existuje vůbec řešení?

Eradikace zdomácnělých patogenů je zohledněn nemožná, zvládnout se teoreticky dají pouze lokální výskyt nově zavlečených. Naším hlavním cílem musí být zabránění nebo zpomalení pronikání dalších patogenů (nebo genotypů a ras už zdomácnělých patogenů) na naše území a zpomalení jejich šíření z míst, kde už se vyskytují. V případě zdomácnělých transformerů a dalších nebezpečných patogenů pak můžeme usilovat jedině o nalezení *modu vivendi*, kdy úspěchem bude koexistence bez zbytečných ekonomických ztrát a ekosystémových škod.

Řešení problematiky invazí je komplikované a vyžaduje spolupráci profesních skupin – od výzkumníků, přes fyto-sanitární služby, ochranu přírody (a státní správu vůbec), až po koncové uživatele (lesníky, vodohospodáře, školkaře, arboristy ad.). Alespoň v několika bodech si závěrem připomeňme hlavní současné slabiny a možné příležitosti do budoucna.

Je třeba provést důkladnou revizi nynějších fyto-sanitárních mechanismů, systém by měl být aktivnější a zaměřený na blo-



kování celých cest, kudy k nám patogeny proudí. Rovněž bude zapotřebí se soustředit na velké dovozcí s širokými sítěmi dodavatelů jako hlavní zdroj rizika. Dále by v zahradnických a školkařských firmách měly být zavedeny fyto-sanitární standardy – nejen pro ochranu jejich provozů, ale aby se zkomplikovalo šíření již introdukovaných organismů. Součástí se musí stát včasná identifikace hlavních rizik (potenciálních transformerů). Pro nově introdukované organismy je třeba vypracovat metodiky včasné identifikace a eradikace. Klíčový význam musí být přiznán městskému prostředí (včetně botanických zahrad a arboret), tedy jednomu z prvních ekosystémů, kde se invazní patogeny mohou objevit. Zároveň jde o prostředí, kde lze jejich přítomnost rychle zjistit, odstranit je a varovat odbornou veřejnost. Jako příklad z našeho území mohou sloužit některé záchyty rodu *Phytophthora* (obr. 9) nebo *C. corticale*. Důkladný výzkum rizikových druhů a potenciálních transformerů by měl zahrnovat ekologii, epidemiologii chorob, prediktivní modelování, kdy podle analýzy distribuce patogenu v síti výzkumných ploch můžeme

předpovědět jeho rozšíření v celém zájmovém území (obr. 10), dále hodnocení ekonomických škod a potenciálních ekosystémových dopadů. Na základě získaných informací bude nutné vypracovat metody jejich integrovaného managementu. V případě invazí transformerů, jako je např. voskovička jasanová, představuje velmi vhodné (a dosud opomíjené) opatření identifikace tolerantních genotypů jasanů přímo v lesních porostech a jejich přirozená obnova. S využitím těchto jedinců pak bude možné zakládat sady tolerantních genotypů, použitelných i ve šlechtění. Udržení stabilních populací obou citlivých druhů evropských jasanů (j. ztepilého a j. úzkolistého) v přírodě by mělo být jednou z priorit lesního hospodářství. Dnes zejména v západní Evropě preferovaný výběr tolerantních genotypů a šlechtění na odolnost a případné široké používání několika rezistentních linií může vést k poškození genofonu obou druhů jasanů v důsledku plošné introgrese (vnese ní genomu šlechtěných linií do genofonu přírodních populací jasanů) a zvýšení rizika kolapsu populací v důsledku náhodných disturbancí.

Dnes asi největším problémem, kterému ve spojitosti s invazemi patogenů dřevin čelíme, je dosavadní plošné podceňování jejich významu a obecně malé povědomí o těchto mikroskopických organismech. Snad tento příspěvek současnou situaci alespoň v malé míře napraví.

*Článek vznikl s podporou mezinárodního projektu COST FP1401 a českého partnerského projektu LD15148.*

Použitou literaturu uvádíme na webové stránce Živa.

V současné době se hvozdíky vyskytují na své poslední přirozené lokalitě v národní přírodní památce Kleněč pod horou Říp u Roudnice nad Labem – patří tedy mezi endemity. V minulosti rostl ještě ve větším množství u nedaleké obce Vražkov. Intenzivní výsadbou trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*) však došlo k takové změně biotopu, že se zde hvozdík po r. 1945 již téměř nevyskytoval. I kleněčská lokalita byla osázena akátem a borovicí lesní (*Pinus sylvestris*), což mělo v kombinaci s opuštěním tradičního pastevního hospodaření za následek výrazné zmenšení populace. Od 70. let 20. stol. se zde vystřídala řada managementových zásahů, které ale nezahrnovaly silnou disturbanci (hlavně kosení). Na začátku 90. let populace hvozdíku sestávala pouze z 200 stárnoucích trsů a dlouhodobě nebyly nalezeny žádné nové semenáčky. V r. 1999 se proto přistoupilo k prvnímu velkoplošnému stržení svrchního humusového horizontu a v r. 2008 byl schválen záchraný program na podporu tohoto endemitu. Protože do plochy stržené v r. 1999 se hvozdík začal dobře šířit, bylo v rámci realizace záchraného programu provedeno další velkoplošné stržení svrchního humusového horizontu v letech 2009 a 2010. Od té doby bylo na Kleněči zavedeno intenzivní monitorování a výzkum sledující další šíření hvozdíku písečného českého a faktory, které toto šíření ovlivňují.

Tomáš Dostálek a kolektiv autorů

## Daří se záchrana hvozdíku písečného českého na Kleněči?

**Když se koncem minulého století na poslední přirozené lokalitě hvozdíku písečného českého (*Dianthus arenarius* subsp. *bohemicus*) vyskytovalo pouze asi 200 rostlin a populace se dále nerozšiřovala, vypadal jeho osud velmi nejasně (viz též Živa 2010, 4: 156–157). Od té doby však na tomto místě proběhla řada managementových zásahů, pro hvozdík byl zpracován a naplňován záchraný program a stav populace se začal postupně zlepšovat. Proběhly a ještě pokračují také studie sledující jeho populační dynamiku, ovlivnění herbivory, změny vegetačního složení a pedologických poměrů vlivem sukcese a mnohé další. Jsme tedy už konečně blíž záchraně tohoto endemického poddruhu pro českou flóru?**

Hvozdík písečný český patří v České republice mezi kriticky ohrožené taxony. Jde o sivozelenou vytrvalou bylinu, rostoucí na výslunných místech v nezapojených travinných společenstvech na písčinatech. Z jed-

noho společného kořene vyrůstají poléhavé oddenky a tvoří se trsy lodyh. Kvete od začátku června do začátku července bílými nebo mírně narůžovělými a výrazně vonnými květy.