Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí

Ekologie a ochrana prostředí

Bakalářská práce:

Vliv invazních rostlin na životní prostředí Evropy

Impacts of invasive plant species on European environment

Vendula Breburdová

školitel: prof. RNDr. Petr Pyšek CSc.

květen 2011

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Dále prohlašuji že, předložená tištěná verze BP je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání jiného nebo stejného akademického titulu.

V Praze,

Podpis

Poděkování:

Děkuji svému školiteli prof. RNDr. Petru Pyškovi CSc. za velice vstřícné konzultace a řešení problémů. Dále děkuji svým rodičům a sestře za zajišťování mých životních potřeb a za vytváření příhodného studijního prostředí.

Abstrakt:

Projekt DAISIE vyhlášený v 6. rámcovém programu Evropské Unie významně obohatil znalosti o evropských invazních druzích. Invazní rostliny mají velice pestré dopady, které jsou jak pozitivní tak negativní a ovlivňují všechny 4 typy ekosystémových služeb (zásobovací, regulační, podpůrné a kulturní). Dále mají také na svědomí citelné ekonomické ztráty. Předložená práce má za cíl shrnout současné znalosti o dopadech invazních rostlin na evropské životní prostředí a tím i na kvalitu lidského života.

klíčová slova:

invazní rostliny, impakt, DAISIE, Evropa, ekosystémové služby

Abstract:

The DAISIE project in the 6. framework program of the European Union provides valuable data about European invasive species. Invasive plants have various impacts, positive and negative, and effects all four types of ecosystem services (supporting, provisioning, regulating and cultural). Invasive species are also known to cause serious economic looses. The proposed work aims at summarizing the up-to-date knowledge about the impact of invasive flora on European environment and human well-being.

key words:

invasive plants, impact, DAISIE, Europe, ecosystem services

Obsah

Úvod....4

Terminologie....6

DAISIE....7

ALARM....9

Impakt....10

Vliv invazních rostlin na ekosystémové služby....12

I. Zásobovací služby....12

II. Regulační služby....14

III. Kulturní služby....16

IV. Podpůrné služby....17

Homogenizace Evropské flóry....18

Ekonomický impakt v Evropě....19

Způsoby zavlékání (pathway)....21

Rychlost zavlékání nových druhů....22

Budoucnost Evropy....23

Závěr....25

Použitá Literatura....26

Úvod

Ekologie biologických invazí je relativně mladá vědní disciplína. Za neoficiálního zakladatele je považován Charles Elton (1900 - 1991), který v roce 1958 vydal stěžejní dílo *The Ecology of Invasion by Animals and Plants* . Tato kniha stimulovala na poli invazní ekologie obrovské množství studií a výzkumů (Davis et al. 2001) a je to v tomto oboru stále nejvíce citovaná kniha (Richardson & Pyšek 2008). Invazní ekologie se zabývá příčinami a následky zavlékání organismů do oblastí mimo jejich přirozený areál (Richardson et al. 2011). Termínem „impakt" se označují veškeré následky zavlečení daného druhu do nového území. Impakty jsou ve většině případů negativní, mohou však být i pozitivní. Znalost impaktu invazních druhů je rozhodující při následném managementu (Parker et al. 1999).

Invazní druhy vážně ohrožují světovou biodiverzitu (Millenium Ecosystem Assesment 2005). Nicméně pouze mizivá 2 % Evropanů je za skutečně významnou hrozbu považuje (Hulme et al. 2009a), což poukazuje na nevědomost, možná i nezájem veřejnosti. Přitom tento problém v současnosti ovlivňuje nejen rozmanitost druhů, ale de facto každého z nás. Invazní druhy jsou například schopny snižovat výnosy z polí, lesů nebo chovu ryb, měnit ráz krajiny, nebo dokonce ohrožovat lidské zdraví (např. Vilà et al. 2010a). Cena jejich likvidace, monitoringu a další výlohy s nimi spojené představují celosvětově nezanedbatelné částky. Pimentel et al. (2001) odhadli, že by se mohlo jednat přibližně o 5 % hrubého světového produktu (GWP, vztaženo k roku 1998).

Předpokládá se, že díky dlouhodobému vlivu člověka jsou evropské polopřirozené ekosystémy vůči invazím odolnější a že úmyslné (i neúmyslné) introdukce mají díky evropské kolonizaci, která začala probíhat od počátku novověku, závažnější důsledky v jiných částech světa, není to však zcela jednoznačné (Hulme 2007). Evropa je sice zdroj mnoha světově nejhorších invazních druhů (např. sveřep střešní, *Bromus tectorum,* v Severní Americe), ale i ona sama se stává novým domovem celé řady nepůvodních rostlin a živočichů (Hulme et al. 2009a). V dnešní době okupuje starý kontinent skoro 11 000

zavlečených druhů[1]. Nejvíce evropských zavlečených druhů pochází z řad suchozemských bezobratlých (2426 druhů) a suchozemských rostlin (6630 druhů)[2] . Rostliny tedy představují polovinu všech zavlečených druhů. Není překvapivé, že většina těchto rostlin pochází z velkých, druhově bohatých čeledí *Asteraceae, Poaceae, Rosaceae, Fabaceae a Brasicaceae* (Lambdon at al. 2008).

Tato práce pojednává o dopadech rostlinných invazí na evropské ekosystémy a ekosystémové služby, dále o tom, jak se tyto vlivy na životní prostředí promítají do kvality lidského života. V mé práci v krátkosti popíšu i dva projekty z 6. rámcového programu Evropské Unie (DAISIE, ALARM), které znamenaly pro studium biologických invazí obrovský pokrok. Zvláštní pozornost věnuji i ekonomickému impaktu. Vše zakončím diskusí o chystané strategii Evropské Unie pro boj s invazními druhy.

[1] http://www.europe-aliens.org
[2] http://www.europe-aliens.org/europeanSummary.do

Terminologie

Evropskou floru lze rozdělit na původní a nepůvodní. Za původní druh (native species) se označuje "*druh, který v území vznikl v průběhu evoluce, nebo se do něj dostal bez přispění člověka z území, kde je původní*"; viz Pyšek et al. 2004, citace Pyšek et al. 2008a). Nepůvodní druh (alien species) je potom "*druh, který se do území dostal v důsledku činnosti člověka z území, ve kterém je původní, anebo přirozenou cestou z území, ve kterém je nepůvodní*"; viz Richardson et al. 2000, Pyšek et al. 2004; citace Pyšek et al. 2008a). Nepůvodní druh může být zavlečen pouze přechodně (casual species), to znamená, že "*jeho přežívání je v území závislé na opakovaném přísunu diaspor v důsledku lidské činnosti a pokud se tedy rozmnožuje mimo kulturu, pak pouze přechodně*"; viz Richardson et al. 2000, Pyšek et al. 2004, citace Pyšek et al. 2008a). Jen těm nejúspěšnějším introdukovaným organismům se podaří zdomácnět (naturalizovat). Termín naturalizovaný druh (naturalized species) označuje " *druh zavlečený, který se v území pravidelně rozmnožuje po dlouhou dobu a nezávisle na činnosti člověka*"; viz Richardson et al. 2000, Pyšek et al. 2004, citace Pyšek et al. 2008a).

Zvláštní kategorii naturalizovaných druhů tvoří rostliny invazní , tzn. ty, "*které se v území rychle šíří na značné vzdálenosti od mateřské populace a zpravidla na rozsáhlém území*"; viz Richardson et al. 2000, Pyšek et al. 2004, citace Pyšek et al. 2008a). Podle této definice je invazním druhem i rostlina, která nepředstavuje nějakou hrozbu, čili nemusí mít nutně impakt. Stejně tak jsou za invazní považovány i druhy, které se díky tomu, že veškeré vhodné prostředí obsadily, v současnosti nešíří. Rostliny, které nejsou invazní v současnosti (podle výše zmíněné definice), se invazními mohou stát, např. dosažením vhodného stanoviště nebo introdukcí nového genotypu (Pyšek et al. 2004).

DAISIE

DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe, http://www.europe-aliens.org) je prvotní nástroj v tvorbě celoevropské strategie týkající se invazních druhů. Cílem projektu bylo shromáždit z celé Evropy veškerá dostupná data o invazních druzích, které ohrožují suchozemské, sladkovodní a mořské ekosystémy a soustředit je do veřejně přístupné databáze. Databáze obsahuje údaje o nepůvodních cévnatých rostlinách, mechorostech, lišejnících, houbách, obratlovcích (savci, ptáci, plazi, obojživelníci a ryby) a bezobratlých ve všech výše zmíněných typech prostředí. Projekt probíhal po dobu 3 let (od 1. 2. 2005 do 31. 1. 2008) a byl financován 6. rámcovým programem Evropské Unie celkovou částkou 2,8 milionů € (Pyšek et al. 2008b). Na řešení projektu se podílelo 19 partnerských institucí z 15 zemí z velké části Evropy a z Izraele[3]. Data byla sbírána samostatně i pro některé ostrovy. Z České republiky se zúčastnil Botanický ústav AV ČR, kde projekt řešilo Oddělení ekologie invazí (které se podílelo i na níže zmíněném projektu ALARM).

V současné době obsahuje databáze údaje o 10 961 nepůvodních druzích. Pro každý druh jsou dostupné údaje (jsou-li známy) o taxonomickém zařazení, rozšíření, statutu (tzn. zda-li je naturalizovaný, přechodně zavlečený, či je status neznámý), který má v jednotlivých regionech, způsobu zavlečení a impaktu.

Cílem projektu DAISIE kromě toho bylo zvýšit zájem a povědomí veřejnosti o problému biologických invazí a poskytnout informace pro environmentální manažery a zákonodárce o tom, které druhy jsou invazní nebo potenciálně invazní a v jakém prostředí (Hulme et al. 2009b). Dokumentovat současné invaze, předpovědět nové a zabránit budoucím, to vše je důležité pro ochranu evropské biodiverzity (Hulme et al. 2009b).

[3] http://www.europe-aliens.org/aboutDAISIE.do

Dílčím výstupem projektu jsou podrobné údaje o 100 nejvýznamnějších evropských invazních druzích, vybraných tak, aby byly podchyceny biologicky a ekologicky rozmanité invaze s rozličnými dopady na prostředí (Pyšek et al. 2008b). V této sekci „100 OF THE WORST“, tedy „100 nejhorších“, bylo zpracováno 18 suchozemských rostlin (*Acacia dealbata*, *Ailanthus altissima*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Campylopus introflexus*, *Carpobrotus edulis*, *Cortaderia selloana*, *Echinocystis lobata*, *Fallopia japonica*, *Hedychium gardnerianum*, *Heracleum mantegazzianum*, *Impatiens glandulifera*, *Opuntia ficus-indica*, *Oxalis pes-caprae*, *Paspalum paspaloides*, *Prunus serotina*, *Rhododendron ponticum*, *Robinia pseudacacia a Rosa rugosa*), dále 3 druhy hub, 16 suchozemských bezobratlých, 15 suchozemských obratlovců, 16 organismů sladkovodních (zde jsou vodní rostliny *Crassula helmsii* a *Elodea canadensis*) a 32 mořských invazních druhů, zahrnujících další 5 rostlin (*Caulerpa racemosa, Caulerpa taxifolia*, *Codium fragile* , *Halophila stipulacea* a *Spartina anglica*). Pro každý druh byl vytvořen tzv. factsheet, tedy jakýsi přehled základních skutečností, ve kterém je krátký popis vybraného taxonu, informace o biologii a ekologii, stanovištích v nepůvodním i původním areálu, způsobu zavlečení, ekologickém, sociálním a ekonomickém impaktu, dále pak mapa současného rozšíření druhu v Evropě a doporučený management.

ALARM

Tento další projekt vyhlášený jako součást podprogramu 6.3: Sustainable Development, Global Change and Ecosystems byl, stejně jako DAISIE (viz výše), financován 6. rámcovým programem EU. Jeho celý název zní "Posuzování a testování velkoplošných rizik pro biologickou rozmanitost" (Assessing Large Scale Environmental Risks for Biodiversity with Tested Methods, http://www.alarmproject.net). Hlavním cílem bylo vyvinout a testovat metody, jejichž pomocí budou zhodnocena rizika, kterým je biodiverzita vystavena (klimatické změny, působení chemických látek v prostředí, biologické invaze a ztráta opylovačů) a pomoci tak ke snížení negativního přímého a nepřímého vlivu lidské činnosti na biodiverzitu. V rámci problematiky biologických invazí se zde studovaly způsoby a cesty zavlékání, význam stanovišť a hodnocení jejich invadovanosti a invazibility, vlastnosti úspěšných invazních druhů, faktory ovlivňující invaze a možnosti predikce invazního úspěchu (Pyšek et al. 2008b).

Impakt

Důsledky invazní jsou velice různé. Ovlivněna je nejen biodiverzita, ale i kvalita lidského života. V podstatě všechny ekosystémy v současnosti obsahují nějaké zavlečené druhy a ve stále rostoucím počtu lokalit tyto druhy dominují (Pyšek & Richardson 2010). Dále začínají být negativně ovlivněna i místa, která až doposud nebyla zasažena (Pyšek & Richardson 2010). K nejvíce postiženým evropským oblastem patří nížiny mírného pásma v západní, střední a východní Evropě, nejméně invadovaná je boreální zóna, horské oblasti a Středozemí (vyjma mořského pobřeží, břehů vodních toků a zavlažované zemědělské půdy) (Chytrý et al. 2009). Evropské ostrovy se zdají být invadovány obdobně, jako jim odpovídající lokality na pevnině, nebo dokonce méně (Gimeno et al. 2006, Vila et al 2010b).

Impakt invazních druhů lze rozdělit na environmentální, ekonomický nebo sociální (Charles & Dukes 2007). Environmentální impakt ovlivňuje strukturu a fungování ekosystému (např. přispívá k vymizení původních druhů). Ekonomické dopady představují přímé důsledky pro člověka, které znamenají určité finanční ztráty (např. plevele v zemědělství a jejich likvidace). Sociální impakty jsou pak ty, které se týkají lidského zdraví, bezpečí, kvality života, možnosti rekreace, kulturního dědictví a ostatních aspektů sociální struktury.

V databázi DAISIE (viz výše) je z celkového počtu druhů zdokumentován pro 11 % ekologický a pro 13 % ekonomický impakt (Vilà et al. 2010a), což znamená, že pro většinu evropských zavlečených druhů impakt není doposud znám. Mezi suchozemskými rostlinami, jakožto druhově nejbohatší skupinou, je zaznamenáno 5,6 % druhů s ekologickým impaktem a 5,4 % s ekonomickým (Vilà et al. 2010a).

Posuzujeme-li však zmíněné tři typy impaktu (tedy ekonomický, sociální a environmentální) zvlášť, může být skutečná šíře důsledků biologických invazí podhodnocena. To proto, že impakt na životní prostředí má též závažné důsledky

pro společnost, neboť ekosystémy poskytují produkty a služby, na kterých je člověk závislý (jídlo, čistá voda, rekreace) a ty mohou být invazemi pozměněny (Binimelis et al. 2007). Z tohoto důvodu je výhodné používat k posouzení vlivu invazí "koncept ekosystémových služeb", který propojuje všechny tři předchozí kategorie a umožňuje objektivnější ohodnocení. Tento koncept je znám už poměrně dlouho (např. Daily 1997), ale velké pozornosti se mu dostalo díky zprávě Millennium Ecosystem Assessment (2005), kde se nahlíží na přírodu jako na „systém podporující udržitelnost života“, který poskytuje základní „ekosystémové služby“. Tento náhled byl použit i při tvorbě evropské strategie týkající se invazních druhů (*Technical support to EU strategy on invasive alien species,* Kettunen et al. 2009).

Typy ekosystémových služeb:

- **Zásobovací služby** poskytují produkty a statky jako potraviny (plodiny, zvířata...), voda, dřevo, vláknina, bavlna, palivo, genetické zdroje, léčiva atd.
- **Regulační služby** představují procesy jako regulace kvality ovzduší, regulace klimatu, vodních zdrojů (prevence záplav, průtok...), čištění vody, nakládání s odpady, regulace nemocí, přirozená ochrana proti škůdcům, opylování, regulace erozí apod.
- **Kulturní služby** představují nemateriální hodnoty, které společnost z ekosystémů získává, jako rekreace, estetické hodnoty, náboženské hodnoty, vzdělávání, kulturní dědictví apod.
- **Podpůrné služby** jsou nezbytné pro produkci a zachování předchozích tří typů služeb, patří mezi ně fotosyntéza, primární produkce, koloběh živin, tvorba půdy, stabilita prostředí apod.

  (podle Daily 1997, Binimelis et al. 2007, Charles & Dukes 2007)

Tento koncept umožňuje postihnout i socioekonomické důsledky invazí, které se jinak obtížně ohodnocují (Binimelis et al. 2007). Například ekonomická ohodnocení jsou silně zaměřená pouze na zásobovací služby. Malý rozsah služeb pokrývají samy o sobě i sociální dopady. Ohodnocení environmentální je zase jaksi vytrženo ze společenského kontextu, tzn. že není propojeno s případnými

přínosy pro lidskou společnost. Koncept tedy propojuje ekologickou integritu s lidským benefitem (Charles & Dukes 2007).

Vliv invazních rostlin na ekosystémové služby

Zpráva tvořící podklad pro tvorbu evropské strategie týkající se invazních druhů (Kettunen et al. 2009) shrnuje, že invazní rostliny ovlivňují všechny 4 typy ekosystémových služeb, přičemž v drtivé většině případů je impakt na tyto služby negativní. V seznamu "100 OF THE WORST" (viz výše) databázi DAISIE (http://www.europe-aliens.org/speciesTheWorst.do), jenž obsahuje 18 suchozemských, 2 sladkovodní, 1 slanomilnou a 4 mořské rostliny, je možno nalézt celou řadu příkladů. I na tak relativně malém počtu rostlin je dobře patrné, že jeden druh ovlivňuje zároveň více ekosystémových služeb (Binimelis et al. 2007), a tudíž jak pestrou škálu dopadů může jediný druh mít.

I. Zásobovací služby

Typickým příkladem ohrožení tohoto typu služeb jsou např. nejrůznější typy plevelných rostlin, které snižují výnosy na polích, nebo invazních dřevin v lesnictví (např. Vilà et al. 2010a). Do seznamu "100 OF THE WORST" (viz výše) se dostala např. tropická tráva *Paspalum paspalodes,* která zarůstá evropská rýžová pole. I jihoafrický šťavel kozí noha (*Oxalis pes-caprae*) snižuje ve Středozemí při sklizni jednoletých plodin výnosy. Tento plevelný druh je velice častý ve vinicích, citrusových a olivových hájích, kde listy šťavelu překážejí v ručním sběru oliv. Kromě toho, obsahuje tato dekorativní, turisty oblíbená, žlutě kvetoucí rostlina jedovaté šťavelany, a je tak nebezpečná pro pasoucí se zvířata. Další nevítanou rostlinou pastvin je odolná jihoamerická tráva kortaderie dvoudomá (*Cortaderia selloana*), která se vyskytuje hojně v jižní Evropě, ale také na Britských ostrovech a Francii. Jedná se o vysoce invazní rostlinu, jež svými hustými trsy pastviny zarůstá. Do Evropy byla zavlečena jako rostlina okrasná a měří 2-4 metry. Pasoucím se ovcím a dobytku může překážet i trnitý kaktus opuncie mexická

(*Opuntia ficus-indica*), invadující nejteplejší oblasti kontinentu, na jehož mladých výhoncích se v noci kumulují organické kyseliny způsobující průjem. Při lovu ryb působí potíže například zelené řasy *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (pobřeží Středozemního moře) a *Codium fragile* subsp. *tomentosoides* (především pobřeží Atlantského oceánu, dále v Mediteránu), které ucpávají rybářské sítě (DAISIE 2009).

Pozitivní dopad na produkci potravin, konkrétně na včelařský sektor, bychom mohli najít u rostlin produkující velké množství nektaru. Jedná se třeba o trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) a netýkavku žláznatou (*Impatiens glandulifera*), oba jsou velice běžné v celé Evropě (DAISIE 2009). Nicméně fakt, že květy netýkavky produkují v porovnání s ostatními rostlinami břehů nejvíce nektaru, má za následek častější návštěvy opylovačů a tedy negativní vliv na populace některých domácích pobřežních druhů (Chittka & Schürkens 2001). Dobrým zdrojem potravy včel je i výše zmíněný šťavel kozí noha nebo jinak obtížná asijská křídlatka japonská (*Fallopia japonica*) (DAISIE 2009).

Křídlatky nejen že jsou invazní ve většině zemích starého kontinentu, jsou navíc zajímavé látkami, které obsahují. V kořenech byl nalezen silně antioxidační resveratrol, který působí proti rakovině (DAISIE 2009). Listy zase obsahují látky proti plísním[4]. Ze stejného zdroje se dočteme, že křídlatky představují potenciálně velice kvalitní biopalivo. Briketovaná křídlatka má výhřevnost sušiny 17,2 MJ/kg, tedy lepší než dřevo[5]. Využití invazních rostlin jako biopaliva by bylo potencionálně možné i u např. pajasanu žláznatého (*Ailanthus altissima*), který najdeme skoro na celém území Evropy mimo Skandinávie, trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*) či trávy *Spartinia anglica* (DAISIE 2009).

Hybridizace původních druhů s invazními představuje ohrožení genetických zdrojů, neboť může vést ke snižováním zdatnosti (fitness) ohrožených druhů (Binimelis et al. 2007). Velice známý je případ výše zmíněné rostliny *Spartina anglica*, vyskytující se v západní Evropě. Jedná se o hybridní taxon, který vznikl

[4] http://stary.biom.cz/biom/6/sladky.html
[5] http://www.vsejany.cz/vyhrevnost-dreva/d-14303/p1=2807

v Británii křížením původního druhu *S. maritima* a severoamerického druhu *S. alterniflora* (Pyšek et al. 2009). Hybrid, jenž byl využíván k zazemňování pobřežních mokřadů či stabilizaci bahnitých povrchů, do značné míry vytlačil domácí *S. maritina* a další druhy. Navíc zarůstá lokality, které se používají pro chov ústřic (DAISIE 2009).

II. Regulační služby

Křídlatka japonská (*Fallopia japonica*), jedna z nejhorších evropských invazních rostlin (např. Hejda et al. 2009), však kromě již zmíněných pozitivních vlastností způsobuje lokální záplavy, jelikož tvoří kolem břehů husté porosty, které vodní toky blokují. Tímto způsobem je narušena přirozená regulace vodních toků (případně přirozená regulace povodní či dostupnost vody). Invaze australského stromu akácie sivozelené (*Acacia dealbata)* na březích vod v západní a jižní Evropě také zvyšuje erozi. Podobný impakt má pravděpodobně i netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), jejíž kořeny jsou oproti původním druhům málo vyvinuté a mělké. Na druhou stranu mnoho dnes invazních rostlin bylo do Evropy introdukováno díky jejich schopnosti erozi snižovat. Jedná se třeba o trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), *Paspalum paspaloides*, růži svraskalou (*Rosa rugosa*), která je nyní invazní hlavně na pobřeží Severního a Baltského moře, opuncii mexickou (*Opuntia ficus-indica*), dále jihoafrický kosmatcovník jedlý (*Carpobrotus edulis*) z čeledi Aizoaceae (kosmatcovité), vyskytující se především v jižní ale i západní Evropě, který byl vysazován na omezení eroze písečných dun a sypkých hornin, či kortaderii dvoudomou (*Cortaderia selloana*). Tato travina navíc díky hořlavému opadu zvyšuje riziko požárů (DAISIE 2009).

Co se týče nemocí, Kettunen et al. (2009) uvádí, že zdravotnický sektor musí v Evropě za zranění a nemoci způsobené suchozemskými invazními rostlinami vynaložit 51 milionů €/rok. Tato suma je samozřejmě vzhledem k nedostatku dat pouze ilustrační. Nejrozšířenějšími nemocemi jsou pravděpodobně alergie. Pyl ambrozie peřenolisté (*Ambrosia artemisiifolie*) je velice silný alergen, způsobující sennou rýmu, astma a rinokonjunktitidu (rýma spojená se zánětem spojivek), kontakt s rostlinou vyvolá vzácně i kopřivku. Na území, kterém invaduje (což je v

podstatě celá Evropa mimo Skandinávie), se ambrozie stává hlavním druhem produkujícím alergeny (DAISIE 2009). V Maďarsku ambrozii připisují až 80 % všech alergií, v severní Itálii více než 60 % a např. v České republice asi 35 % (Reinhard et al. 2003). Celková cena za léčbu astmatu a senné rýmy vyvolané ambrozií byla v Německu odhadnuta na 32,1 milionů € ročně (Reinhard et al. 2003). Alergie způsobuje i pyl akácie sivozelené (*Acacia dealbata*) (DAISIE 2009).

Některé invazní rostliny obsahují toxické látky např. štětinec laločnatý (*Echinocystis lobata*), nacházející se v mírném a kontinentálním pásmu Evropy, nebo kůra a semena střemchy pozdní (*Prunus serotina*) (celoevropsky rozšířená). Glykosid robinin v květech a semenech trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*) může způsobit gastroenteritidu. Obdobně pravděpodobně působí i med z invazního rododendronu *(Rhododendron ponticum)*, který může vyvolat kromě zažívacích i srdeční potíže (DAISIE 2009).

Nezřídka se setkáme také s kožními problémy. Typickým příkladem je bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*), invadující zejména v mírném pásmu Evropy, jenž obsahuje fotosenzitivní fukomariny, které kůži po vystavení světlu bolestivě popálí. Pajasan žláznatý (*Ailanthus altissima*) také způsobuje dermatitidu, delší expozice míze může vyvolat i zánět myokardu (díky rostlinným proteinům quassinoidům). Zranit se lze i o pichlavou opuncii mexickou (*Opuntia ficus-indica*) či růži svraskalou (*Rosa rugosa*). Obava z možného poranění samozřejmě snižuje i rekreační využití krajiny (DAISIE 2009).

Zajímavý pozitivní vliv na životní prostředí ve městech se připisuje trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*) a pajasanu žláznatému (*Ailanthus altissima*); v průmyslových oblastech, které jsou jinak na zeleň chudé, pomáhají zlepšit čistotu ovzduší (Kettunen et al. 2009).

III. Kulturní služby

Příkladů, jak invazní rostliny ovlivňují vzhled a estetické vyznění krajiny, je celá řada. Posouzení toho, zda je tento impakt pozitivní či negativní, je poměrně subjektivní záležitost. Většina invazních rostlin byla do Evropy dovezena záměrně pro okrasu (Lambdon et al. 2008); typickým příkladem je *Rhododendron ponticum* či bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum)*. Okrasnými rostlinami byly původně i kosmatcovník jedlý (*Carpobrotus edulis*) či růže svraskalá (*Rosa rugosa*), které ale tvoří monospecifické husté porosty a mění tím vzhled krajiny. Na druhou stranu jsou porosty poslední jmenované rostliny oblíbeným motivem na dánských pohlednicích. Lesy v Mediteránu, které invadovala opuncie (*Opuntia ficus-indica*), jsou zase tamní veřejností mylně považovány za typické pro zdejší krajinu. Radikální proměnu má na svědomí i himálajská netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*), která svými světle růžovými květy mění vzhled říčních břehů či jiných vlhkých míst (DAISIE 2009).

Impakt na kulturní služby se netýká samozřejmě jenom změny vzezření (ať už k lepšímu nebo k horšímu), ale i omezení nebo narušení možnosti krajinu nějakým způsobem kulturně využívat. Severoamerický vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*), proslulý svým rychlým růstem, zarůstá vodní nádrže po celé Evropě a znemožňuje tím rybaření či plavání, nebo ucpává přívodní trubky elektráren. Stejně tak omezuje přístup rybářům v západní Evropě i australská tlustice *Crassula helmsii*, jejíž plovoucí trsy zastiňují břehovou vegetaci a mohou být mylně považovány za pevnou zem (DAISIE 2009).

Do této kategorie lze zařadit i škody na stavbách. Kořeny křídlatek (Fallopia japonica) prorostou i silný asfalt, deformují dlažbu nebo mohou poničit základy staveb. Chodníky narušuje i trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) a pajasan žláznatý (*Ailanthus altissima*), který je svými kořeny schopen poničit i archeologické památky (DAISIE 2009). Pronikne-li invazní rostlina do takovýchto vzácných lokalit (např. Colosseum v Římě) či do chráněných území (např.

Rhododendron ponticum v národním parku Snowdonia ve Walesu, Kettunen et al. 2009), je ohrožena i edukativní hodnota krajiny.

IV. Podpůrné služby

V seznamu "100 OF THE WORST" databáze DAISIE nalezneme i rostliny schopné ovlivňovat přirozené cykly živin. Cyklus kyslíku je ovlivněn působením vodní rostliny C*rassula helmsii*, která ve vodě pod sebou kyslík zcela odčerpá. Častá je změna cyklu dusíku. Schopností fixovat vzdušný dusík je znám trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), stejnou schopnost má ale i akácie sivozelená (*Acacia dealbata*). V půdách porostlých kosmatcovníkem jedlým (*Carpobrotus edulis*) nalezneme též vyšší obsah půdního dusíku, navíc se snižováním půdního pH zvyšuje i množství organického uhlíku. Vyšší obsah půdního K a Mn nalezneme zase pod křídlatkou japonskou (*Fallopia japonica*), která dále snižuje půdní objemovou hmotnost a zvyšuje obsah organických látek a vody. Kvalitu humusu svým opadem mění například střemcha pozdní (*Prunus serotina*) (DAISIE 2009).

V podstatě všechny invazní rostliny, o kterých jsem doposud psala, jsou schopny ovlivnit stabilitu prostředí změnou vegetačního pokryvu a tím potažmo i primární produkci. Mohou ovlivňovat původní druhy, zejména prostřednictvím kompeticí o živiny, vodu, světlo a prostor. Převahu v nepůvodním prostředí získává např. vodní mor kanadský (*Elodea canadensis*), který soupeří s ostatními druhy o prostor a živiny, vodní těleso zaroste a omezí proudění vody, čímž původní prostředí zcela změní a ostatní druhy vytlačí. Dalším příkladem je rychle se rozšiřující trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), v jehož porostech jsou schopny přežít jen rostliny nitrofilní. Agresivní bolševník velkolepý (*Heracleum mantegazzianum*) je také známý tím, že značně zmenšuje druhovou diverzitu (DAISIE 2009). Hejda et al. (2009) dokonce ukázali, že bolševník spolu s křídlatkami mají ze všech 13 studovaných invazních rostlin největší dopad na druhovou diverzitu a složení invadovaného společenstva. Naopak netýkavka žláznatá (*Impatiens glandulifera*) ovlivňuje druhovou diverzitu invadovaných porostů jen nepatrně (Hejda et al. 2009). Na místech, která invaduje kompetičně zdatný druh *Rhododendron ponticum*, z původních druhů přežijí pouze ty, které

jsou schopné ho přerůst. Křídlatka japonská (*Fallopia japonica*) si k dominanci napomáhá např. i alelochemickými látkami, jež jsou pro ostatní druhy toxické a mají vliv na klíčení jejich semen. Navíc křídlatky negativně ovlivňují početnost ohroženého skokana křiklavého (*Rana clamitans*). Původním druhům konkurují i popínavý štětinec laločnatý (*Echinocystis lobata*), střemcha pozdní (*Prunus serotina*) a „mořská tráva“ *Halophila stipulacea* v Mediteránu. Tento druh, stejně jako zelená řasa *Codium fragile* spp*. tomentosoides,* zcela mění bentické prostředí. *Codium* svými vějířovitými výběžky navíc brání v pohybu velkých bezobratlých a ryb. Absolutní dominance je za krátkou dobu schopna dosáhnout australská mořská řasa *Caulerpa racemosa* var*. cylindracea*, jež v místě invaze drasticky snížila zdejší druhovou pestrost a zapříčinila vážnou změnu v druhovém složení korýšů. Příbuzná *Caulerpa taxifolia* se také rychle šíří, vytlačuje ve Středozemním moři původní druhy a navíc je vybavena účinným endotoxinem, který ji chrání proti herbivorům (DAISIE 2009).

Homogenizace Evropské flóry

Zvláštní pozornost si zaslouží problém homogenizace evropské flory. Starý kontinent díky invazím ztratil a bude ztrácet jedinečnosti svých jednotlivých oblastí, jak bylo popsáno ve studii Winter et al. (2009). V této práci jsou definovány dva základní procesy, kterými člověk druhové složení regionálních květen ovlivňuje. Extinkce, jako proces vedoucí k diferenciaci, a zavlékání nových druhů, způsobující homogenizaci. Jelikož vymírání vzácných druhů zřídkakdy postihne všechny lokality druhu v celé Evropě, bude region, kde druh vymřel, méně podobný tomu, ve kterém se nadále vyskytuje. Proti této diferenciaci ale působí introdukce nepůvodních druhů, které za posledních pět století extinkce vysoce převýšily. Díky zavlékání nových invazních druhů, které se v Evropě značně rozšiřují, se tedy naopak druhová podobnost vzdálených oblastí zvyšuje. Celkově tak taxonomická diverzita díky většímu počtu druhů roste, nicméně diverzita fylogenetická, odrážející evoluční historii, klesá (při extinkci druhů původních naopak fylogenetická diverzita roste). Nově introdukované druhy jsou totiž původním rostlinám v jednotlivých regionech příbuzné (Winter et al. 2009).

Ekonomický impakt v Evropě

Navzdory tomu, že má Evropa dnes díky projektu DAISIE k dispozici nejkomplexnější informace o svých zavlečených druzích, stále zaostává za Severní Amerikou, kde se invaze studují nejvíce (Pyšek et al. 2008c), v kvantifikaci finančních důsledků invazí (Vilà et al. 2010a). Přestože ohodnocení zaměřená pouze na finanční stránku věci mají tendenci celý problém invazí podhodnocovat (viz výše), představuje nejpřesvědčivější způsob, jak obhájit následné politické rozhodování a management (viz. vznikající strategie EU).

Jistou představu o tom, jaké výlohy musí Evropa vynakládat kvůli invazním druhům, poskytuje zpráva komise EU o invazních druzích (Ketunen et al. 2009). Zdokumentované výlohy spojené se všemi invazemi (tedy rostlin i živočichů) činí 12.5 miliardy €/rok. Drtivá většina, tedy 9.6 miliard €/rok, jsou náklady za způsobené škody a 2.8 miliardy €/rok pochází z následné kontroly. Nejpostiženější sektor je zemědělský, který musí každoročně zaplatit 5.5 miliardy €/rok z čehož jenom 1,2495 miliard €/rok mají na svědomí polní plevele. Suchozemské rostliny samy o sobě představují z celkové částky 12,5 miliardy €/rok přes 3,7 miliardy €/rok (křídlatka japonská, *Fallopia japonica*, drží s částkou 1,72761 miliard €/rok mezi rostlinami prvenství).

Předchozí výčty se týkaly pouze skutečně zaznamenaných škod a jsou tedy značně podhodnocené. Je to nejen díky tomu, že se týkají pouze nejznámějších invazních druhů, ale taky kvůli nedostatku potřebných dat. Při extrapolaci dostupných údajů na území celé Evropy se částka vyšplhala až na 20 miliard €/rok. Ačkoliv toto číslo vypovídá o skutečném ekonomickém impaktu již daleko lépe, stále se jedná o silné podhodnocení. Extrapolace byla totiž možná pouze pro omezený počet invazních druhů (25) a neexistuje v podstatě způsob, jak vyčíslit ztráty biodiverzity.

Porovná-li se situace v Evropě a v Americe , zjistíme, že ačkoliv mají oba kontinenty srovnatelnou rozlohu, trápí Severní Ameriku problém biologických

invazí podstatně více. Například v práci Pimentel et al. (2005) je cena zavlečených druhů odhadnuta na 120 miliard USD ročně, přičemž se odhaduje, že ve Spojených státech je registrováno na 50 000 nepůvodních druhů. Stejně jako v Evropě tvoří polovinu všech introdukcí rostlinami, s nimiž jsou spojeny náklady cca 35 miliard USD/rok. Nový svět je v porovnání se Starým světem více invadován (Londsdale 1999). Rozsáhlá a homogenní prostředí, která se v Americe vyskytují, jako například travnaté stepní prérie, potom usnadňují to, že impakt je zde daleko větší (Pergl 2008).

Porovnat situaci těchto dvou kontinentů se situací jinde ve světě je obtížné, jelikož na zemi stále existují místa, kde je invazím věnována jen velice malá nebo žádná pozornost. Invaze se intenzivně studují například i v Austrálii nebo Jižní Africe (odkud pochází 2/3 všech afrických prací) (Pyšek et al. 2008c). Na druhou stranu „bílá místa na mapě“ bychom mohli najít i v samotné Evropě.

Způsoby zavlékání (pathway)

Znalost způsobu zavlékání je nezbytná pro následný management, ale poukazuje i na to, který způsob zavlékání je nejúčinnější. V práci Hulme et al. (2008) se definuje způsob zavlékání (pathway) jako děj, který má za následek zavlečení nepůvodního druhu z jednoho místa na druhé. V rámci projektu ALARM byl vytvořen obecný rámec, který rozlišuje celkem 6 způsobů zavlečení. Pokud je druh přivezen spolu s určitým dováženým zbožím (nebo je sám přepravovanou komoditou) může být (1) do přírody záměrně vypuštěn (*release*) (např. zpevňovaní břehů, biokontrola), nebo se (2) záměrně introdukuje do kultury, odkud následně neúmyslně unikne (*escape*) (např. z parků, z botanických zahrad), popřípadě se jedná o (3) neúmyslnou kontaminaci komodity (*contaminant*) (např. semena rostlin). Pokud je (4) příjezd spojen s lidskou činností ale nezávisle na komoditě, hovoříme o tzv. „černém pasažéru“ (*stowaway*) (např. balastní voda, zeminou znečištěné pneumatiky aut). Druh se na nové území může dostat také (5) šířením člověkem vybudovanou infrastrukturou, která spojí dříve izolované oblasti (*corridor*) (např. most mezi pevninou a ostrovem, kanál), kde by jinak nebylo přirozené šíření druhu možné. Poslední možností je (6) samovolné šíření ze sousedního regionu, kam byl již druh předtím zavlečen a je tam tudíž nepůvodní (*unaided*).

Většina nepůvodní flory, která v Evropě zdomácněla, byla záměrně dovezena (63 %), zbytek (37 %) byl introdukován neúmyslně. Největší část (58 %) uniká z řad okrasných rostlin a ze zahrad. Nejrůznější kontaminace mají za následek 17 % introdukcí. Počet rostlin, které se do Evropy dostaly jako černí pasažéři, lze jen hrubě odhadovat, nicméně mohlo by se jednat o cca 10 %. Záměrné vypuštění do přírody je jisté pouze u 11 rostlin. Další 2 % vznikla spontánní hybridizací (Pyšek et al. 2009).

Zajímavé je i to, odkud evropské introdukované rostliny pocházejí. Pokud se zaměříme pouze na druhy, jejichž země původu je mimo evropský kontinent, zjistíme, že 34 % pochází z Asie, 23 % ze Severní a 22 % z Jižní Ameriky a z Afriky

přišlo 17 % druhů (Pyšek et al. 2009). Vezmou-li se v potaz veškeré rostliny (bez ohledu na jejich původ), potom 29 % zavlečených rostlin v evropských zemích pochází přímo z jiných oblastí Evropy (Pyšek et al. 2009).

Rychlost zavlékání nových druhů

Polovina naturalizovaných rostlin, které byly zavlečeny od roku 1500, byla introdukována po roce 1899, 25 % po roce 1962 a 10 % introdukcí nastalo po roce 1989. Zavlečené rostliny, které jsou původní v jiných evropských zemích, než ve kterých invadují, se začaly rozšiřovat o něco málo dříve než rostliny pocházející z jiných kontinentů. V průběhu dvou posledních století se zavlékání nových druhů zrychluje (Lambdon et al. 2008), je však nutno mít na paměti, že nové druhy přibývají nejen díky novým introdukcím, ale také díky intenzivnímu výzkumu a zlepšujícím se znalostem (Pyšek & Hulme 2011). V současnosti se z ostatních částí světa do Evropy dostává každý rok v průměru 6,2 druhů, které jsou schopny naturalizace (Lambdon et al. 2008).

Budoucnost Evropy

O tom, že Evropa do budoucna potřebuje kvalitní strategii, není pochyb. Na začátku je třeba říci, že zejména u rostlin nebude tvorba jednotné evropské legislativy vůbec jednoduchá, jelikož jednotlivé zavlečené druhy vykazují relativně omezenou distribuci. V práci Lambdon et al. (2008) bylo popsáno 5 základních typů tohoto rozšíření. (1) Severozápadní, zahrnující Skandinávii a Velkou Británii, (2) západo-středoevropské, sahající od Belgie a Nizozemí do Německa a Švýcarska, (3) pobaltské rozšíření, které pokrývá pouze bývalé sovětské pobaltské republiky, (4) východo-středoevropské rozšíření, obsahující východní a zbytek střední Evropy a poslední (5) typ pokrývající celý Mediterán. Existují zde samozřejmě i druhy velmi rozšířené, například nejrozšířenějším nepůvodním druhem Evropy je turanka kanadská (*Conyza canadensis*), okupující 95,9 % kontinentu, dále na více jak 80 % se vyskytují slunečnice topinambur (*Helianthus tuberosus*), trnovník akát (*Robinia pseudioacacia*), laskavec ohnutý (*Amaranthus retroflexus*), durman obecný (*Datura stramonium*), řeřicha virginská (*Lepidium virginicum*), pěťour srstnatý (*Galinsoga quadriradiata*), pěťour malokvětý (*Galinsoga parviflora*), heřmánek terčovitý (*Matricaria discoidea*), řepeň durkoman (*Xanthium strumarium*), proso seté (*Panicum miliaceum*), rozrazil perský (*Veronica persica*) a pupalka *Oenothera biennis*. Mezi nejběžnější druhy pocházející přímo z Evropy patří poslední zmíněná pupalka (u které není původ zcela jistý), zvěšinec zední (*Cymbalaria muralis*), tolice setá (*Medicago sativa*) a kustovnice cizí (*Lycium barbarum*). Nicméně i přes to tvoří výše zmíněné široce rozšířené druhy z celkového počtu zavlečených rostlin menšinu a drtivá většina rostlin se vyskytuje pouze v jednotlivých regionech (Lambdon et al. 2008)

V listopadu minulého roku vyšla zatím poslední zpráva Evropského institutu pro politiku životního prostředí (IEEP) týkající se invazních druhů, která nese název *Assessment to support continued development of the EU Strategy to combat invasive alien species*, tedy Zhodnocení na podporu tvorby evropské strategie boje s invazními druhy (Shine et al. 2010). V této práci je znovu zdůrazněn fakt,

že invazní druhy představují pro Evropu vážnou hrozbu biodiverzity. Nicméně za nejdůležitější dopady pro starý kontinent jsou zde samozřejmě považovány především jejich impakty ekonomické. Jednoznačně by se měly, podle tohoto zhodnocení, vyplatit i vysoké investice do tvorby Evropské legislativy, jelikož mají v budoucnu přinést výrazné úspory. Zpráva IEEP varuje před nečinností a doporučuje tvorbu zcela nového legislativního rámce, který by například zavedl povinnou kontrolu na hranicích. Řešení této problematiky by také mohlo být soustředěno do zcela nové instituce, jak je popsáno např. v práci Hulme et al. (2009c), kde je pro tento úřad navržen název *Evropské centrum pro management invazních druhů* (Europian centre for invasive species management, ECISM).

Závěr

Rostlinné invaze představují pro Evropu závažný problém. Jejich studium a výzkum jsou tedy bezesporu celospolečensky významné. Řešení invazí by přineslo v současné době ekonomické recese nejen citelné úspory, ale mohlo by zachránit i typický ráz zdejší krajiny. I přes to, že invazní druhy mají bezesporu celou řadu pozitivních vlivů, např. na produkci potravin, převažují jejich dopady negativní. Tvorba jednotné legislativy se zdá být jako jediná možnost, která by tento problém mohla vyřešit. Je třeba samozřejmě zlepšit i povědomí veřejnosti, aby se zabránilo například dalším výsadbám invazních rostlin do volné přírody nebo do nevhodných lokalit. Evropská Unie svou kvalitní databází DAISIE, která ale není ještě zdaleka kompletní, předběhla zbytek světa, a je tak v tvorbě závazného právního rámce na dobré cestě.

Použitá Literatura

Binimelis R., Born W., Monterroso I. a Rodríguez-Labajos B. (2007): Socio-economic impacts and assessment of biological invasions. In: Nentwig N. (Ed). Biological Invasions. Berlin, Germeny: Springer

Daily G.C. (1997): Nature´s services. Societal dependence on natural ecosystems. Island Press, Washington, D.C.

DAISIE (2009): Handbook of Alien Species in Europe. Springer, Berlin.

Davis M.A., Thompson K. & Grime J.P. (2001): Charles S. Elton and the dissociation of invasion ecology from the rest ecology. – Diversity & Distribution 7: 97-102.

Gimeno, I., M. Vilà & P. Hulme. (2006): Are islands more susceptible to plant invasion than continents? A test using *Oxalis pes-caprae* in the western Mediterranean. – Journal of Biogeography 33: 1559-1565.

Hejda M., Pyšek P. & Jarošík V. (2009): Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. – Journal of Ecology 97: 393–403.

Hulme P.E. (2007): Biological invasions in Europe: drivers, pressures, states, impacts and responses. In: Hester R. a Harrison R.M. (Eds). Biodiversity under Threat. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Hulme P. E., Bacher S., Kenis M., Klotz S., Kühn I. et al. (2008): Grasping at the routes of biological invasions: a framework for integrating pathways into policy. – Journal of Applied Ecology 45: 403–414.

Hulme P., Pyšek P., Nentwig W. & Vila M. (2009a): Will threat of biological invasions unite the European Union? – Science 324: 40–41.

Hulme P., Roy D.R., Cunha T., Larsson T-B. (2009b): A pan-European inventory of alien species: rationale, implementation and implications for managing biological invasions. – In DAISIE (eds) Handbook of Alien Species in Europe. Springer, p. 1–14.

Hulme P. E., Nentwig W., Pyšek P. & Vila M. (2009c): Common market, shared problems: time for a coordinated response to biological invasions in Europe? – Neobiota 8: 3–19.

Charles H. & Dukes J. S. (2007): Impacts of invasive species on ecosystem services. – In: Nentwig W. (Ed.), Biological Invasions, p. 217–237, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Chittka L. & Schürkens S. (2001): Successful invasion of a floral market. An exotic Asian plant has moved in on Europe's river-banks by bribing pollinators. – Nature 411: 653.

Chytrý M., Pyšek P., Wild J., Maskell L. C., Pino J. & Vilà M. (2009): European map of alien plant invasions, based on the quantitative assessment across habitats. – Diversity and Distributions 15:98–107.

Kettunen M, Genovesi P, Gollasch S, Pagad S, Starfinger U, ten Brink P, Shine C. (2008): Technical Support to EU strategy on Invasive Alien Species (IAS): Assessment of the Impacts of IS in Europe and the EU. Institute for European Environmental Policy (IEEP)

Lambdon P. W., Pyšek P., Basnou C., Hejda M., Arianoutsou M., et al. (2008): Alien flora of Europe: species diversity, temporal trends, geographical patterns and research needs. – Preslia 80: 101–149.

Lonsdale W. M. (1999): Global patterns of plant invasions and the concept of invasibility. – Ecology 80: 1522–1536.

Millennium Ecosystem Assessment (2005): Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. – Island Press. Washington, DC.

Parker I.M., Simberloff D., Lonsdale W.M., Goodell K., Wonham M., et al. (1999): Impact: toward a framework for understanding the ecological effect of invaders. – Biological Invasions 1:3–19.

Pergl J. (2008): Co víme o vlivu zavlečených rostlinných druhů? – Zprávy České Botanické Společnosti 43, Mater. 23:183–192.

Pimentel D., McNair S., Janecka J., Wightman J., Simmonds C. et al. (2001): Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions. – Agriculture, Ecosystems and Environment 84: 1-20.

Pimentel D., Zuniga R. & Morrison D. (2005): Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. – Ecological Economic 52: 273–288.

Pyšek P., Richardson D. M., Rejmánek M., Webster G., Williamson M. & Kirschner J. (2004): Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. – Taxon 53: 131-143.

Pyšek P., Chytrý M., Moravcová L., Pergl J., Perglová I. et al. (2008a): Návrh české terminologie vztahující se k rostlinným invazím. – Zprávy České Botanické Společnosti 43, Mater. 23: 219–222.

Pyšek P., Jarošík V., Chytrý M., Pergl J. (2008b): Projekty 6. rámcového programu Evropské Unie zaměřené na biologické invaze: DAISIE a ALARM. – Zprávy České Botanické Společnosti 43, Mater. 23:199-211.

Pyšek P., Richardson D. M., Pergl J., Jarošík V., Sixtová Z. & Weber E. (2008c): Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. – Trends in Ecology and Evolution 23: 237–244.

Pyšek P., Lambdon P. W., Arianoutsou M., Kühn I., Pino J. & Winter M. (2009): Alien Vascular Plants of Europe. – In: DAISIE (eds) Handbook of Alien Species in Europe. Springer, p. 43–61.

Pyšek P. & Richardson D. M. (2010): Invasive species, environmental change and management, and health. – Annual Review of Environment and Resources 35: 25–55.

Pyšek P. & Hulme P. E. (2011): Biological invasions in Europe 50 years after Elton: time to sound the ALARM. – In: Richardson D. M. (ed.), Fifty Years of Invasion Ecology: the Legacy of Charles Elton, p. 73–88, Blackwell Publishing, Oxford.

Reinhardt F., Herle M., Bastiansen F., Streit B. (2003) Economic Impact of the Spread of Alien Species in Germany. Berlin, Germany: Federal Environmental Agency (Umweltbundesamt).

Richardson D. M., Pyšek P., Rejmánek M., Barbour M. G., Panetta F. D. & West C. J. (2000): Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. – Diversity & Distributions 6: 93–107.

Richardson D.M. & Pyšek P. (2008): Fifty years of invasion ecology: the legacy of Charles Elton. – Diversity & Distributions 14: 161-168.

Richardson D. M., Pyšek P. & Carlton J. C. (2011): A compendium of essential concepts and terminology in biological invasions. – In: Richardson D. M. (ed.), Fifty Years of Invasion Ecology: the Legacy of Charles Elton, p. 409–420, Blackwell Publishing, Oxford.

Shine C., Kettunen M., Genovesi P., Essl F., Gollasch S., et al. (2010): Assessment to Support Continued Development of the EU Strategy to Combat Invasive Alien species. Final Report for the European. Commission. Institute for European Environmental Policy (IEEP), Brussels, Belgium.

Vilà M., Basnou C., Pyšek P., Josefsson M., Genovesi P., et al. (2010a): How well do we understand the impacts of alien species on ecological services? A pan-European cross-taxa assessment. – Frontiers in Ecology and the Environment 8: 135–144.

Vilà M., Pino J., Montero A. & Font X. (2010b): Are island plant communities more invaded than their mainland counterparts? – Journal of Vegetation Science 21: 1–9.

Winter M., Schweiger O., Klotz S., Nentwig W., Andriopoulos P. et al. (2009): Plant extinctions and introductions lead to phylogenetic and taxonomic homogenization of the European flora. – Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 106: 21721–21725.