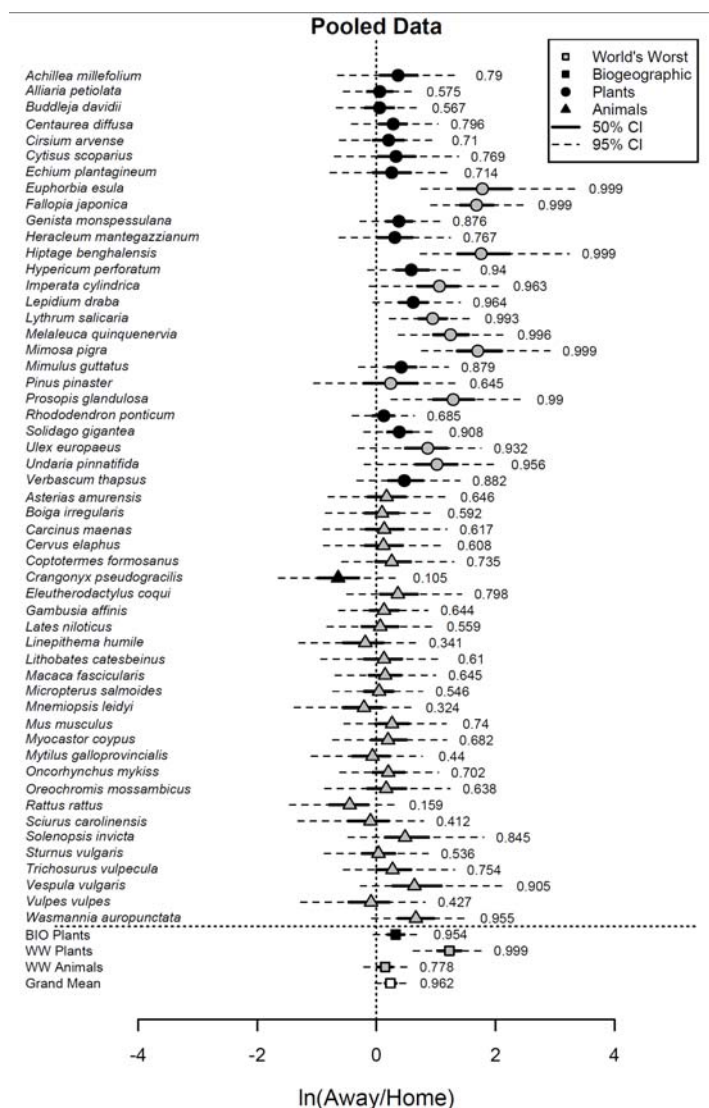


Výsledky Oddělení ekologie invazí Botanického ústavu AV ČR za rok 2013

1. Výhoda nového prostředí při invazi není tak univerzálním pravidlem, jak se myslelo: invazní druhy rostlin a živočichů v novém areálu prospívají v průměru lépe, ale zdaleka to neplatí pro všechny

Jednou ze základních představ invazní ekologie je, že úspěšné invazní druhy po svém zavlečení těží z toho, že se zbaví nepřátel, jsou schopny využít lépe zdroje a mají vlastnosti, které jsou v invadovaném společenstvu nové. To jim poskytuje konkurenční výhodu vůči tamním rezidentům a vede k tomu, že v novém území prospívají lépe než doma. Naše meta-analýza publikovaných údajů o demografickém chování 53 druhů rostlin a živočichů považovaných v různých částech světa za silně invazní (Parker et al. 2013) ukázala, že pokud hodnotíme všechny druhy dohromady, tento předpoklad se potvrdí (invazní druhy jsou s vysokou statistickou pravděpodobností plodnější, větší a hojnější v invadovaném areálu než v oblasti původního rozšíření). Teprve pohled na variabilitu v datovém souboru však odhalil, že zhruba polovina z 26 rostlinných a 27 živočišných zkoumaných druhů vykazuje stejné hodnoty demografických parametrů v obou areálech (obr. 1); rozdíly mezi oběma typy areálu nejsou průkazné. Naše kvantitativní analýza, ve světě první svého druhu, tedy přinesla robustní důkaz toho, že invazivnost některých biologických druhů jde na vrub ekologických a genetických změn, ke kterým po invazi v novém prostředí dochází, zatímco jiným druhům k úspěšné invazi stačí, že se chovají stejně jako v domácím areálu.

Parker J. D., Torchin M. E., Hufbauer R. A., Lemoine N. P., **Alba C.**, Blumenthal D. M., Bossdorf O., Byers J. E., Dunn A. M., Heckman R. W., **Hejda M.**, **Jarošík V.**, Kanarek A. R., Martin L. B., Perkins S. E., **Pyšek P.**, Schierenbeck K., Schlöder C., van Klinken R., Vaughn K. J., Williams W. & Wolfe L. M. 2013. Do invasive species perform better in their new ranges? *Ecology* 94: 985–994 [Recommended by Faculty 1000]

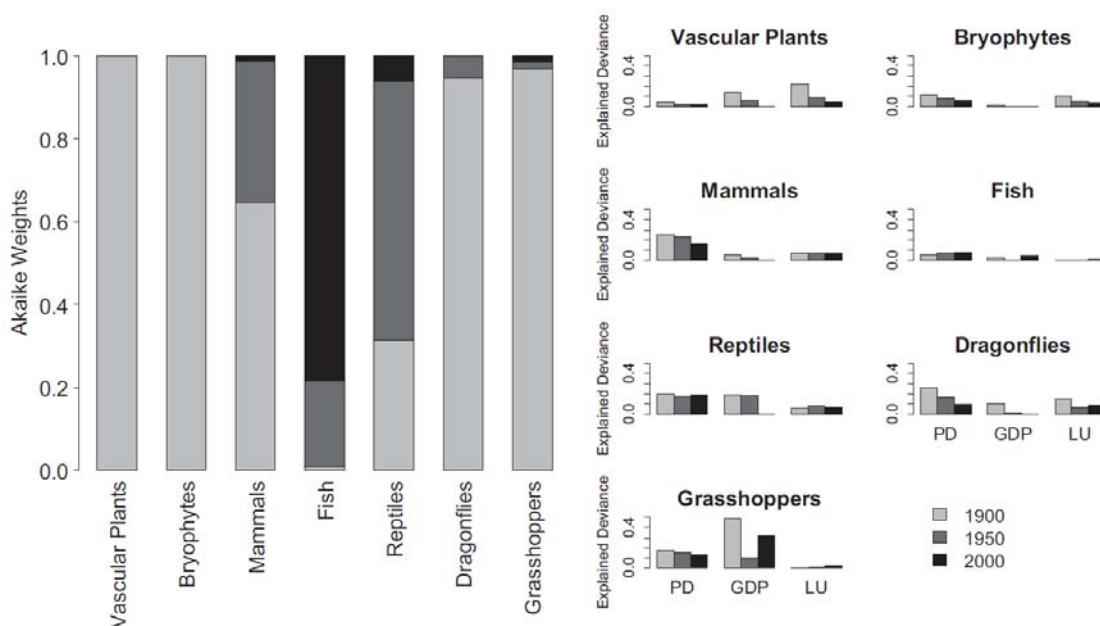


Obr. 1. Výsledky metaanalýzy srovnávající projevy 53 invazních druhů rostlin a živočichů v původním a invadovaném areálu. Kladné hodnoty napravo od nulové linie značí větší a plodnější jedince a početnější populace v introdukovaném areálu. Souhrnné výsledky jsou pod tečkovanou čarou (podle Parker et al. 2013).

2. Dopad lidské činnosti na původní flóru a faunu bude postupně zesilovat: ohrožení biodiverzity se plně projeví až po několika desetiletích

Analýza ohrožení a vymírání rostlin a živočichů ve 22 evropských zemích ukázala, že tyto procesy jsou těsněji svázány s vlivem člověka na krajinu v minulosti, než s jeho současným působením (obr. 2). Přežití mnoha druhů, jejichž počet navíc stále stoupá, je ohroženo lidskou činností, jež způsobuje destrukci a fragmentaci přírodních stanovišť, znečištění prostředí a zavlékání nepůvodních druhů. Aktuální verze celosvětového červeného seznamu IUCN (www.iucnredlist.org) zahrnuje přes 65 tisíc rostlinných a živočišných druhů, z nichž 31 % je ohroženo vyhynutím. Dosud se však málo vědělo o tom, jak se působení zmíněných faktorů mění v čase. Pokud rostlinné a živočišné populace reagují na faktory, které způsobují jejich ústup, se zpožděním, znamenalo by to, že důsledky současné činnosti člověka na biodiverzitu se plně projeví až po několika desetiletích. Naše studie přináší pro toto zpoždění přesvědčivé důkazy. Množství vyhynutím středně až silně ohrožených druhů cévnatých rostlin, mechorostů, plazů, savců a hmyzu, zařazených na národní červené seznamy, lze statisticky vysvětlit hodnotami socioekonomických indikátorů intenzity lidského vlivu na přírodu (hustota osídlení, výše HDP, intenzita využívání krajiny). Dnešní stav ohrožení biodiverzity však lépe popisuje úroveň těchto indikátorů z počátku 20. století, než takto vyjádřený vliv na přírodu v současnosti. Tuto klíčovou roli historického odkazu potvrdila další analýza, ukazující, že výše prostředků vynakládaných v jednotlivých zemích na ochranu přírody nemá na zpomalení procesu vymírání příliš velký vliv (Dullinger et al. 2013).

Dullinger S., Essl F., Rabitsch W., Erb K.-H., Gringrich S., Haberl K., Hülber K., **Jarošík V.**, Krausmann F., Kühn I., **Pergl J.**, **Pyšek P.** & Hulme P. E. 2013. Europe's other debt crisis: the long legacy of future extinctions. *Proceedings of the National Academy of the United States of America* 110: 7342–7347 [Recommended by Faculty 1000]



Obr. 2. Vliv socioekonomických indikátorů z počátku (světle šedě), poloviny (šedě) a konce (černě) 20. století na současný stav evropské rostlinné a živočišné biodiverzity, vyjádřený množstvím ohrožených druhů na národních

červených seznamech. PD = populační hustota obyvatelstva, GDP = hrubý domácí produkt na obyvatele, LU = stav krajiny (podle Dullinger et al. 2013).

3. Co ještě a proč nevíme o důsledcích rostlinných invazí

Kvantitativní měření dopadů invazí je základním předpokladem toho, aby prostředky vkládané do managementu byly využívány efektivně; jen na základě důkladných znalostí, jak skutečně invaze působí, je možné zaměřit se na nejproblematictější druhy a ty aspekty invazí, které zásadně ovlivňují fungování celých ekosystémů. Současné znalosti impaktu rostlinných invazí jsou však stále ještě značně kusé a zkrácené z hlediska biogeografického, taxonomického a ekologického; většina našich představ o impaktu invazí je založena na studiu omezeného počtu notoricky známých druhů, poněkud bylinných druhů invadujících v temperátní zóně severní hemisféry. Možnosti přenosu těchto znalostí do jiných typů prostředí a geografických oblastí jsou proto omezené. Dalším problémem je, že výzkumníci nejčastěji impakt měří pomocí malého počtu dobře uchopitelných proměnných. Proto je třeba výzkum více zaměřit na podchycení vlivu invazí na komplexní proměnné (Hulme et al. 2013, Simberloff et al. 2013).

Hulme P. E., **Pyšek P.**, Jarošík V., Pergl J., Schaffner U. & Vilà M. 2013. Bias and error in current knowledge of plant invasions impacts. *Trends in Ecology and Evolution* 28: 212–218

Simberloff D., Martin J.-L., Genovesi P., Maris V., Wardle D. A., Aronson J., Courchamp F., Galil B., García-Berthou E., Pascal M., **Pyšek P.**, Sousa R., Tabacchi E. & Vilà M. (2013) Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology and Evolution* 28: 58–66

4. Dávno v minulosti zavlečené druhy tvoří strukturovanější společenstva než druhy zavlečené později

Přítomnost druhů v regionálních metaspolečenstvech je dána jejich schopností procházet ekologickými a environmentálními filtry. Biologické invaze jsou vhodným modelem k testování těchto procesů, neboť umožňují srovnávat zapojení druhů zavlečených před různě dlouhou dobou. Na základě datového souboru z 302 rezervací v ČR, zahrnujícího 2054 druhů, ukazujeme, že nepůvodní druhy přítomné v území po několik století tvoří po stránce druhového složení, fylogenetické struktury a stanovištních charakteristik vzájemně odlišnější a lépe definované soubory než druhy zavlečené recentně.

Hui C., Richardson D. M., **Pyšek P.**, LeRoux J. J., Kučera T. & Jarošík V. 2013. Increasing functional modularity with residence time in the co-distribution of native and introduced vascular plants. *Nature Communications* 4: 2454 (doi: 10.1038/ncomms3454)

5. Vliv invazního druhu na původní společenstva se mění v čase

Zatímco šíření rostlinných invazních druhů je v literatuře poměrně dobře zdokumentováno pro řadu druhů, u nichž se podařilo rekonstruovat průběh invaze v minulosti, nevíme téměř nic o tom, zda a jak se v čase mění vliv invazních druhů na společenstva, do nichž pronikají. Data z leteckých snímků Slavkovského lesa, která máme k dispozici, umožňují přesně rekonstruovat, jak v této oblasti probíhala invaze bolševníku velkolepého (*Heracleum mantegazzianum*) (Müllerová et al. 2013). Měření vlivu invaze na charakteristiky společenstva a půdní vlastnosti v místech s různě dlouhou nepřetržitou přítomností bolševníku ukázalo, že v důsledku akumulace specializovaných

škůdců bolševníku v půdě (Jandová et al. 2014) se po 30 letech od počátku invaze, kdy vrcholil vliv na druhovou diverzitu, složení společenstva a jeho produktivitu, začala pokryvnost bolševníku snižovat a invadované společenstvo se začíná obnovovat (Dostál et al. 2013). Tento trend sice není dostatečně silný na to, aby společenstva spontánně regenerovala (pokryvnost invazního druhu zůstává i po více než 60 letech vysoká), ale přibývá domácích druhů. Naše studie zřejmě jako první kvantitativně doložila, že dopad invazního druhu může dosáhnout vrcholu a poté ustupovat (druhá práce tohoto druhu byla publikována o několik měsíců později v Nature; Yelennik & D'Antonio 2013), otázkou zůstává, nakolik se jedná o obecně platný jev.

Müllerová J., Pergl J. & Pyšek P. 2013. Remote sensing as a tool for monitoring plant invasions: testing the effects of data resolution and image classification approach on the detection of a model plant species *Heracleum mantegazzianum* (giant hogweed). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 25: 55–65

Dostál P., **Müllerová J., Pyšek P., Pergl J.** & Klinerová T. 2013. The impact of an invasive plant changes over time. *Ecology Letters* 16: 1277–1284

Jandová K., Klinerová T., **Müllerová J., Pyšek P., Pergl J.**, Cajthaml T. & Dostál P. 2014. Long-term impact of *Heracleum mantegazzianum* invasion on soil chemical and biological characteristics. *Soil Biology and Biochemistry* 68: 270–278

5. Modelové druhy a integrovaný přístup představují budoucnost invazní ekologie

V práci navrhujeme novou, komplexní strategii integrovaného výzkumu biologických invazí, která využívá velkého množství poznatků, nahromaděných v posledních desetiletích. Zaměření systematické pozornosti na modelové druhy a ekosystémy může přispět k lepšímu pochopení složitých interakcí mezi faktory ovlivňujícími, zda ta která invaze v daných podmínkách bude úspěšná (tzv. 'model-system research'). Zásadní informace mohou přinést srovnávací studie téhož druhu v různých podmínkách na různých místech světa, které jsou důležité pro pochopení kontextuálních zákonitostí invazí (multi-site studies); tady lze využít globálně úspěšných invazních druhů, které se opakovaně vyskytují v různých oblastech světa. Kvantitativní studie velkých datových souborů by si měly klást jasné a cílené otázky, podložené teorií vycházející z dlouholetého výzkumu invazí ('focused metaanalysis'). Lepší pochopení zákonitostí invazí může přinést také těsnější propojení informací o biologii invadujících druhů a vlastnostech ekosystémů (tzv. 'invasion syndromes'), neboť kombinace vlastností obou těchto složek se v přírodě pravidelně opakují.

Kueffer C., **Pyšek P.** & Richardson D. M. 2013. Integrative invasion science: model systems, multi-site studies, focused meta-analysis, and invasion syndromes. *New Phytologist* 200: 615–633

6. Biologické invaze závisejí na kvalitní taxonomii, ale samy jí mají co dát.

Nedostatečný důraz na taxonomii, související s obtížným postavením tohoto oboru v současné scientometricky orientované vědě, může brzdit pokrok ve studiu a pochopení biologických invazí, jakož i v řešení problémů, jež invazní druhy působí. Strategie obrany před invazními druhy, legislativa, karanténní opatření a monitorování nově zavlékaných organismů, to vše závisí na přesné a rychlé identifikaci. Problémem však je, že taxonomické znalosti ve většině zemí ustupují a jsou čím dál více roztroušené. V práci ukazujeme, jak nedostatečná taxonomická kapacita, a tedy chybné určení, může limitovat ekologické studie. Na druhou stranu, obecně málo se zdůrazňuje, že biologické invaze díky bezprecedentní dynamice a časté postinvazní evoluci poskytují důležitý vhled do základních teorií koncepce druhu. Potřebujeme začít pracovat na lepší integraci klasické

alfa taxonomie a moderních genetických přístupů, představujících komplementární, nikoli proti sobě stojící přístupy – ta umožní přesnější identifikaci a další zpřesnění taxonomické klasifikace na úrovni populací a genotypů, tedy úrovní, na kterých se invaze odehrávají.

Pyšek P., Hulme P. E., Meyerson L. A., Smith G. F., Boatwright J. S., Crouch N. R., Figueiredo E., Foxcroft L. C., Jarošík V., Richardson D. M., Suda J. & Wilson J. R. 2013. Hitting the right target: taxonomic challenges of, and for, biological invasions. *AoB Plants* 5: plt042 (doi: 10.1093/aobpla/plt042)

7. Introdukované genotypy invazní divizny malokvěté rostou lépe než genotypy původní

Genotypy z invazních populací *Verbascum thapsus* v kompetici potlačují původní genotypy a jsou odolnější vůči herbivorii, neboť mladé listy chrání zvýšená koncentrace iridoidních glykosidů.

Alba C., Hufbauer R. 2012. Exploring the potential for climatic factors, herbivory, and co-occurring vegetation to shape performance in native and introduced populations of *Verbascum thapsus*. *Biological Invasions* 14: 2005–2018

Kumschick S., Hufbauer R. A., **Alba C.** & Blumenthal D. M. 2013. Evolution of fast-growing and more resistant phenotypes in introduced common mullein (*Verbascum thapsus*). *Journal of Ecology* 101: 378–387

Alba C., Pioreschi R. & Quintero C. 2013. Population and leaf-level variation of iridoid glycosides in the invasive weed *Verbascum thapsus* L. (common mullein): implications for herbivory by generalist insects. *Chemoecology* 23: 83–92

Wilbur H., Bortin A., **Alba C.** & Hufbauer R. A. 2013. The effect of insect herbivory on the growth and fitness of introduced *Verbascum thapsus* L. *NeoBiota* 19: 21–44

8. Invazní *Carpobrotus edulis* omezuje vývoj společenstev původních druhů písčinych dun

Obnova středozezemních dun invadovaných jihoafrickým kosmatcem jedlým (*Carpobrotus edulis*) je často neúspěšná, protože tento celosvětově významný invazní druh omezuje původní rostliny pomocí alelopaticky působících látek, uvolňovaných z dlouho přetrvávajícího opadu (Novoa et al. 2012). *Carpobrotus edulis* dále ovlivňuje vlastnosti substrátu na invadovaných dunách, což negativně působí na vývoj raných stádií populací vzácného původního druhu *Malcolmia littorea*. Po odstranění invazního druhu mají změněné půdní vlastnosti a mikrobiální aktivita tendenci vracet se do stavu před invazí, obnově původní vegetace písčinych dun však brání přítomnost oportunistických ruderalních druhů, které ošetřené plochy kolonizují jako první (Novoa et al. 2013).

Novoa A., González L., Moravcová L. & **Pyšek P.** 2012. Effects of soil characteristics, allelopathy and frugivory on establishment of the invasive plant *Carpobrotus edulis* and a co-occurring native, *Malcolmia littorea*. *PLoS One* 7: e53166

Novoa A., Rodríguez R., González L., Moravcová L. & **Pyšek P.** 2013. Constraints to native plant species establishment in coastal dune communities invaded by *Carpobrotus edulis*: implications for restoration. *Biological Conservation* 164: 1–9

9. Evropa jako donor invazních rostlinných druhů celého světa

Procento nepůvodních druhů vyskytujících se na určitém stanovišti závisí na náchylnosti stanoviště k invazím a intenzitě přísunu diaspor zavlékaných rostlin. V práci jsme se zaměřili na zodpovězení otázky, která evropská stanoviště fungují jako zdroj invazních druhů pro jiné části světa, zda tyto

druhy v invadovaném areálu obsazují stejná stanoviště jako v domácím evropském areálu a testovali jsme, zda stanoviště, ze kterých se rekrutuje velký počet invazních druhů, jsou sama náchylná vůči invazím nebo naopak odolná. Největší počet z Evropy pocházejících invazních druhů roste v aluviálních lesích, olšových mokřinách a na pobřežních dunách; evropské druhy obecně při invazi obsazují stanoviště podobná těm, na jakých rostou v původním areálu. Evropská stanoviště, ze kterých se rekrutuje nejvíce druhů invadujících jinde ve světě jsou zároveň sama nadměrně invadována, protože druhy mají tendenci invadovat stanoviště podobná těm, ze kterých vzešly.

Kalusová V., Chytrý M., Kartesz J. T., Nishino M. & Pyšek P. 2013. Where do they come from and where do they go? European habitats as donors of alien plants globally. *Diversity and Distributions* 19: 199–214

10. Invazibilita rostlinných společenstev závisí na funkčních vlastnostech

Nepůvodní druhy invadující rostlinná společenstva se od původních liší růstovou strategií a funkčními vlastnostmi. Původní druhy neobsazují celý funkční prostor, čímž ponechávají volné niky k invazi.

Hejda M. & de Bello F. 2013. Impact of plant invasions on functional diversity in the vegetation of Central Europe. *Journal of Vegetation Science* 24: 890–897

Hejda M. 2013. Do species of invaded communities differ in their vulnerability to being eliminated by the dominant alien plants? *Biological Invasions* 15: 1989–1999

Hejda M. 2013. Do species differ in their ability to coexist with the dominant alien *Lupinus polyphyllus*? A comparison between two distinct invaded ranges and a native range. *NeoBiota* 17: 39–55

11. Vliv vzájemné kompetice na invazi netýkavek

Úspěšnost invaze v rodě *Impatiens* závisí na schopnosti reakce na různé podmínky prostředí; invazní druhy jsou fenotypově plastičtější než druh domácí, jenž může být v budoucnosti ze společenstev vytěsněn. Kompetičně nejsilnějším druhem je vysoce invazní *Impatiens glandulifera*, zatímco pro druhý invazní druh, *I. parviflora*, je charakteristická velká plasticita. Projevy v České republice dosud se nevyskytujícího druhu *I. capensis*, invazního v západní Evropě, byly srovnatelné s ostatními druhy.

Skálová H., Jarošík V., Dvořáčková Š. & Pyšek P. 2013. Effect of intra- and interspecific competition on the performance of native and invasive species of *Impatiens* under varying levels of shade and moisture. *PLoS One* 85: e62842

12. Rostlinné invaze v chráněných územích: globální syntéza

Kniha shrnuje současný stav znalostí o invazích nepůvodních rostlin v chráněných územích po celém světě. O akutní potřebě takové přehledu vypovídá, že poslední souhrn problematiky vyšel v roce 1988 jako speciální číslo časopisu *Conservation Biology*, výsledek tehdy proběhnuvšího programu SCOPE. Na knize se podílelo 80 autorů z akademického prostředí i praxe. Informace pocházejí z celkem 135 chráněných území v různých částech světa, je zmíněno přes 400 rostlinných druhů, jež působí problémy v rezervacích. Kniha je rozčleněna do tří základních okruhů; prvních šest kapitol se zabývá obecnými zákonitostmi invazí do chráněných území, druhou část tvoří čtrnáct případových studií z celého světa (východní a jižní Afrika, Evropa, Azory, Středozemní ostrovy, Indie, Nový Zéland, Austrálie, Spojené státy, Chile, Galapágy, tichomořské ostrovy včetně

Havajských, ostrovy v Jižním oceánu a v Karibské oblasti). Studie věnovaná Evropě poskytuje svého druhu první kontinentální souhrn a dokládá, že přes intenzivní výzkum je k dispozici překvapivě málo kvalitních dat (Pyšek et al. 2013). Poslední oddíl je zaměřen prakticky a obsahuje sedm kapitol věnovaných různým aspektům managementu; ukazuje se, že klíčovým přístupem ke kontrole situace s invazemi v rezervacích je manipulace přísunu propagulí (Meyerson & Pyšek 2013).

Foxcroft L. C., **Pyšek P.**, Richardson D. M. & Genovesi P. (eds) 2013. *Plant Invasions in Protected Areas. Patterns, Problems and Challenges*. Springer, Dordrecht. pp 656 + xxii.

<http://www.springer.com/life+sciences/ecology/book/978-94-007-7749-1>

Pyšek P., Genovesi P., **Pergl J.**, Monaco A. & Wild J. 2013. Plant invasions of protected areas in Europe: an old continent facing new problems. In: Foxcroft L. C., Pyšek P., Richardson D. M. & Genovesi P. (eds), *Plant Invasions in Protected Areas: Patterns, Problems and Challenges*, pp. 209–240, Springer, Dordrecht

Meyerson L. A. & **Pyšek P.** 2013. Manipulating alien plant species propagule pressure as a prevention strategy for protected areas. In: Foxcroft L. C., Pyšek P., Richardson D. M. & Genovesi P. (eds), *Plant Invasions in Protected Areas: Patterns, Problems and Challenges*, pp. 473–486, Springer, Dordrecht