

# OD EKOLÓGIE INVÁZIÍ RASTLÍN A ŽIVOČÍCHOV K VEDE O INVÁZIÁCH

## FROM ECOLOGY OF INVASION OF PLANTS AND ANIMALS TO INVASION SCIENCE

Pavol ELIÁŠ

ul. Generála Goliána 8, 917 02 Trnava, e-mail: pavol.elias149@gmail.com

**Abstract:** Ecology of invasion of animals and plants was established as a science of invasion ecology in the beginning of the second half of the 20th century. Rapid development of the field of ecology have been evident since the end of the last century and following decades of the 21st century. The paper deals with current development of the ecology discipline, including critiques of invasion terminology, diversity of hypotheses and concepts, as well as xenophobia appeared related to aliens as invaders. Invasion biology have been an attempt to integrate alien animals and plants reseach into one science. In last decade new science of invasions is developed, characterized by multi- and interdisciplinarity, supported by social and economy sciences. Numerous frameworks have been developed in an attempt to unify different concepts and definitions, facilitate generalisations, and to improve the link between science, policy, and management.

**Key words:** critiques, development, frameworks, invasion biology, invasion ecology, review.

### Úvod

Problematika zavlečených (nepôvodných) druhov rastlín a živočíchov je v posledných troch desaťročiach predmetom zvýšeného záujmu biológov na celom svete. Najčastejšie sa prezentuje ako problém invázných druhov, ktoré po zavlečení v novom území sa rýchlo šíria, vytvárajú dominantné cenózy a prenikajú aj do pôvodných prírodných spoločenstiev. Tejto problematike sme venovali značnú pozornosť vo viacerých príspevkoch v rôznych časopisoch a zborníkoch, v dvoch monotematických číslach revue *Životné prostredie* (Eliáš & Boháč, 2001; Eliáš, 2014a) a vo vysokoškolských učebných textoch (Eliáš, 2009b). Problematika sa rýchlo rozvíja, vzhľadom na jej praktické aspekty, osobitne spojené s ochranou biologickej diverzity a ochranou prírody vôbec.

V tomto príspevku sa zaoberám tou oblasťou výskumu zavlečených druhov, ktorá sa prezentuje ako vedná disciplína – invázna ekológia, invázna biológia alebo ako veda o inváziách (angl. *invasion science*). Menovite vývojom problematiky, kritikou inváznej ekológie ako vedy a súčasným trendom prejavujúcim sa snahou o interdisciplinárny prístup k inváziám zavlečených druhov.

## Ekológia invázií rastlín a živočíchov - mladý vedný odbor

Ekológia invázií je veľmi mladá vedná disciplína, ktorá svoj začiatok vidí v Eltonovej klasickej knihe o inváziách (Elton, 1958). Anglický ekológ Charles Sutherland Elton (1900-1991) svoje myšlienky rozvinul a dokumentoval v knihe „*The ecology of invasions by animals and plants*“ publikovanej v roku 1958. Jeho knižka je hlavne o cudzích druhoch, ktoré úspešne „prepadli“ (invadovali) inú krajinu. Považoval ich za vtrielcov, ktoré predstavujú ohrozenie (hrozbu) pre rovnováhu druhov v prírode a preto si vyžadujú pozornosť ochrany prírody.

Eltonova knižka o inváziách je populárne-odborná publikácia s množstvom príkladov a ilustrácií (fotografie, obrázky, mapky). Možno aj preto nevyvolala v čase jej publikovania osobitný záujem vedcov – biológov a ekológov, ale nestalo sa tak ani v nasledujúcich desaťročiach. Zostala bez väčšej pozornosti v Európe, hoci bola preložená do ruštiny, nemčiny a poľštiny (Elton, 1967). Čítal som ju ako študent Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského, keďže som ju našiel v Univerzitnej knižnici v Bratislave. Na Slovensku bola práve vtedy vytvorená pracovná skupina synantropnej botaniky (Eliáš, 2021). Problematika zavlečených druhov sa v Európe skúmala a rozvíjala v tradičnom vednom odbore – adventívnej botanike (Sukopp, 1998; Trepl, 1990). Analýza citovanosti Eltonovej práce ukazuje na vzostup záujmu a citovanosti tejto knihy až po roku 1990 (Richardson & Pyšek, 2018).

Záujem o biotické invázie a inváziu ekológiu sa výrazne zvýšil na konci 20. storočia (Richardson & Pyšek, 2008) a invázna ekológia sa stala významnou subdisciplínou ekológie s rastúcim vplyvom na mnoho iných disciplín (biológia ochrany prírody - konzervačná biológia, ekológia spoločenstiev, evolučná biológia, globálna zmena životného prostredia).

Invázna biológia, biotické invázie, sa stali veľmi populárnou oblasťou výskumu, čomu zodpovedá množstvo vedeckých a iných publikácií, vzdelávacích a popularizačných aktivít, čo pokračuje až do súčasnosti (Pyšek et al., 2018).

### Čo je invázna ekológia

Invázna ekológia sa zameriava na poznanie príčin a dôsledkov zavlečenia (introdukcie) organizmov (rastlín, živočíchov) do území mimo ich pôvodného výskytu (areálu). Richardson & Pyšek (2018) inváziu ekológiu definovali nasledovne: „*Invasion ecology is the study of the human-mediated introduction of organisms, especially introductions to areas outside the potential range of given organisms as defined by their natural dispersal mechanisms and biogeographical barriers*“.

Invázna ekológia skúma všetky aspekty vzťahujúce sa na zavlečenie organizmov, ich schopnosti uchytiť sa, udomáčniť sa (naturalizovať) a invadovať v danom území, ich interakcie s inými organizmami v ich novom území (lokalite) (Pyšek et al., 2006; Richardson, 2006). Podľa Nuñez et al. (2020), hoci sa tradične zameriavala na druh („*species per se*“), v súčasnosti sa venuje aj krížencom, mikroorganizmom, vírusom, geneticky modifikovaným organizmom a syntetickému životu (*synthetic life*), ktoré sú

predmetom biologických obmedzení (*biological constraints*), evolučnej zmeny a príležitostí celosvetovej dopravnej siete.

## Rozvoj inváznej ekológie

Celosvetový záujem o biotické invázie a invázne druhy vyvolal medzinárodný program SCOPE (*Scientific Committee on the Problems of the Environment*, pozri Eliáš, 1993, 2009a) s názvom „*Ekológia biologických invázií*“, ktorý bol zameraný na vypracovanie globálnej syntézy poznatkov o biologických inváziách (Drake et al. 1989; Eliáš, 1987, 1997a). Dôraz v tomto programe bol kladený na biotické invázie narušujúce normálne procesy v prirodzených ekosystémoch (Eliáš, 1987). Program bol zameraný na riešenie troch otázok: (1) ktoré faktory rozhodujú o tom, či je druh schopný invázií, (2) aké vlastnosti ekosystémov rozhodujú o tom, či sú odolné voči biotickým inváziám, a (3) ako majú byť ekologické systémy riadené na základe poznatkov z odpovedí na otázky 1 a 2. Tento program oživil Eltonov prístup, jeho terminológiu („*invader*“, „*invasion of foreign species*“) i jeho ochranárske a environmentálne zameranie. Za nové som považoval zameranie pozornosti na tie nové druhy (rastliny, živočíchy, mikroorganizmy), ktoré prenikali na prirodzené stanovištia, do domácich prírodných spoločenstiev a ekosystémov. Program sa nemal zaoberať burinami, škodcami, chorobami, organizmami vyskytujúcimi sa v poľnohospodárskych kultúrach, na antropogénnych stanovištiach.

Záujem ochrany prírody o problematiku biotických invázií podporilo prijatie medzinárodného Dohovoru o biologickej diverzite (CBD, *Convention on Biological Diversity*) v roku 1992.

K rýchlemu rozvoju inváznej ekológie prispeli medzinárodné vedecké podujatia, ktoré sa organizovali pravidelne od začiatku 90–tych rokov minulého storočia. Boli to predovšetkým medzinárodné sympóziá *Ecology and Management of Alien Plant Invasions* (EMAPI), ktoré sa organizujú od roku 1992 (doteraz 14 sympózií v rôznych krajinách sveta, Pyšek et al., 2019). V Európe sa od roku 2000 organizuje séria európskych konferencií o biotických inváziách NEOBIOTA (Európska skupina o biotických inváziách) (doteraz desať konferencií v 2–ročných cykloch, Kowarik & Stafinger, 2009). Výsledky sa publikovali v sérii zborníkov NEOBIOTA, od roku 2011 v samostatnom online časopise (Kowarik & Stafinger, l.c.).

Vytvorili sa vedecké tímy a pracoviská, oddelenia výskumných ústavov a katedry na univerzitách, ktoré sa špeciálne venujú výskumu inváznych druhov a biotických invázií. Výsledky sa publikujú takmer vo všetkých biologických časopisoch po celom svete a vo viacerých špeciálnych časopisoch zameraných na inváziu biológiu (Eliáš, 2014b). Časopisy *Biological Invasions* (už viac ako 20 ročníkov) a *Diversity and Distributions* (s podtitulom *A journal of biological invasions and biodiversity*) a online časopis *NeoBiota* (*Advancing research on alien species and biological invasions*) (od roku 2011) publikujú výsledky výskumu zavlečených druhov (rastlín, živočíchov, húb, mikroorganizmov) a biotických invázií (vo vodách i na súši).

Medzinárodnú spoluprácu pri výskume biotických invázií a invázných druhov podporili veľké medzinárodné vedecké projekty financované Európskou úniou – projekty ALARM a DAISE. Projekt ALARM: *Assessing large-scale environmental risks with tested methods* (EU 6FP Integrated Project, GOCE-CT 506675, 2004-2008) sa zamerával na vytvorenie a testovanie metód a protokolov hodnotenia rizík pre životné prostredie, v snahe minimalizovať negatívne priame a nepriame dôsledky ľudskej činnosti. Projekt DAISE: *Delivering alien invasive species inventories for Europe* (EU 6FP STREP Project, 2005-2007) bol zameraný na vytvorenie európskej databázy nepôvodných druhov.

### Motivácia pre výskum biotických invázií

Ukázalo sa celkom jasne, že kľúčovou motiváciou pre výskum biotických invázií na celom svete bol a je ich dôsledok na životné prostredie (*environmental impact*) (Richardson & Ricciardi, 2013). Mnoho štúdií demonštruje úlohu invázií ako „*a driver of species loss at local and regional scales*“. Invázie sa začali vnímať ako predmet národnej bezpečnosti (pozri Eliáš, 2011).

Výskum vedy o inváziách sa za posledných 30 rokov zameriaval na otázky spojené s predpoveďami, ktoré druhy vytvoria invázne populácie a kde sa budú vyskytovať (Drake et al., 1989; Rejmánek, 2000; Kolar & Lodge, 2002; Pyšek & Richardson, 2007). Tieto otázky boli motivované požiadavkami praxe na predchádzanie a zmiernovanie mnohonásobných environmentálnych a ekonomických dôsledkov zavlečených druhov.

### Množstvo hypotéz a koncepcií

Invázna ekológia od začiatku hľadala odpovede na viaceré otázky spojené so zavlečením druhov a osobitne s ich úspešnou reprodukciou a šírením v novom prostredí. Ekológovia a biológovia skúmali rôzne skupiny organizmov, ktoré žili a žijú v rôznych biotopoch, takmer po celom svete. Aj preto ich prístupy a metódy výskumu biotických invázií a invázných druhov boli často viac či menej odlišné, čo viedlo spolu so zložitou skúmaného fenoménu k vývoju početných hypotéz a koncepcií. Napr. Enders et al. (2020) rozlíšili viac ako 30 koncepcných hypotéz. Hypotézy sa snažia vysvetliť, prečo sa niektoré zavlečené druhy správajú invázne, resp. sa stanú inváznymi druhmi, alebo prečo niektoré „domáce“ spoločenstvá sú náchylné na invázie nepôvodných druhov (cf. Eliáš, 2009b). Mnohé z hypotéz sú viacmenej nadbytočné, predstavujú modifikácie niekoľkých základných koncepcií. Preto sa opakovane upozorňuje na potrebu redukcie počtu koncepcií a hypotéz (Catford et al., 2009). Mnohé hypotézy sa totiž prekrývajú, niektoré sú vágne/neurčité, iné sa nedajú vôbec použiť. Líšia sa aj podporou empirickými dôkazmi (Jeshke et al., 2012). Všeobecná teória biotických invázií doteraz neexistuje (Rejmánek et al., 2000) a sú pochybnosti o možnosti jej vytvorenia (Eliáš, 2008a).

### Potreba zjednotenia v terminológii a koncepciách

Rôznorodosť hypotéz a koncepcií je spojená s nejednotnou terminológiou inváznej ekológie. Táto nejednotnosť komplikuje komunikáciu medzi vedcami, ale aj praktikmi. Je predmetom početných diskusií a mnohých nedorozumení. Termíny používané desaťročia v európskej adventívnej či synantropnej botanike sa nahrádzajú novými anglickými

termínmi. Pritom používanie viacerých anglických termínov je často nejednotné dokonca aj v anglickej literatúre (Richardson et al., 2000; Pyšek et al., 2014). A navyše, ťažko akceptovateľná je skutočnosť, že existujú rozdiely medzi terminológiou používanou v odbornej ekologickej literatúre a terminológiou používanou v medzinárodných dokumentoch ako je Dohovor o biologickej rôznorodosti (CBD) a dokumenty vydané Medzinárodným zväzom ochrany prírody (IUCN), Radou Európy a Európskou komisiou.

### Kritika inváznej ekológie

Vývoj inváznej ekológie ako vedy je od začiatku zaťažený jednostranným prístupom a pohľadom na problém biotických invázií, inváznou terminológiou, viacerými protirečeniami, niekedy aj „hystériou“ okolo invázií zavlečených druhov. Publikácie SCOPE o biotických inváziách prispeli k nielen terminologickému zmätku, ktorý pretrváva až do súčasnosti. Richardson et al. (2000) doslova napísali: *“The publication, in English, of many contributions from non-English speaking regions, in the absence of a clear lexicon, helped to compound the confusion regarding terminology”*. Okrem toho sa v niektorých príspevkoch autorov objavili prvky xenofóbie: *„There is a kind of irrational xenophobia about invading animals and plants that resembles the inherent fear and intolerance of foreign races, cultures and religions”* (Brown, 1989: 105). Invázna ekológia sa stala predmetom kritiky, ktorá viedla až k jej odmietnutiu ako „pseudovedy“, „zlej ekológie“ a „zelenej xenofóbie“ (Theodoropoulos, 2003; Pearce, 2018). Dokonca až k požiadavkám zrušenia a konca inváznej ekológie vrámci disciplíny ekológia (Valery et al., 2013).

Invázna ekológia je kritizovaná pre ontologický dualizmus, ktorý rozlišuje medzi prírodnými a antropogénnymi procesmi a vplyvmi (Sagoff, 2020). Nie je hodnotovo neutrálna, ale hodnotovo riadená („*value-driven*“) a používa hodnotovo zaťažený jazyk („*value-laden language*“), čo môže naznačovať „*contextual bias*“ (Mungi & Qureshi, 2018). Považuje sa za predpojatú, pretože sa vyvinula z normatívneho dvojkového systému „dobrý“ a „zlý“, keď rozdeľuje druhy na dobré a zlé, pôvodné a nepôvodné (dichotómia). Má tendenciu hodnotiť druhy podľa pôvodu, domáce ako „dobré“ druhy a exotické ako „zlé“ druhy (Brown, 1989).

Na kritiku inváznej ekológie ako pseudovedy, ktorú zverejnil Theodoropoulos v roku 2003, reagoval R.J. Hobbs v plenárnej prednáške na 17. svetovom botanickom kongrese vo Viedni v roku 2005 (ďalej uvádzam podľa mojich poznámok). Venoval sa všetkým publikovaným pripomienkam kritiky. Sú to tieto argumenty kritiky:

- (1) Rozširovanie a invázia druhov sú prírodné a základné procesy.
- (2) Diverzita je dobrá. Invázne druhy zvyšujú biodiverzitu („*man-dispersed species increase biological diversity, benefit ecosystems, and act as an important force for healing the planet*“).
- (3) Ohrozenie inváznymi druhmi sa preceňuje, je nadhodnotené.
- (4) Invázne druhy nespôsobujú vymieranie druhov (extinkciu).

(5) Invázne druhy sú symptómom, prejavom, nie príčinou problému.

(6) Vedci používajú emotívne slová, aby vykreslili invázne druhy.

(7) Invázna biológia má filozofické korene v xenofóbii, ... fašizme a pod. („*That the foundational concepts and logical structure of invasion biology are identical to those of the discredited ideologies of xenophobia, racism, nationalism, and fascism is self-evident.*“) (Theodoropoulos, 2003; Burdic, 2005; Pearce, 2018).

R.J. Hobbs sa vo svojej reakcii na túto kritiku odvolával na novú syntézu poznatkov o biotických inváziách (Mooney et al., 2005), ale tá len pritvrdila v otázkach, ktoré boli predmetom kritiky (recenzia Eliáš, 2006). Mooney et al. (2005) uvádzajú „*Biological invasions are a major driver of ecosystem degradation. Many invasions alter ecosystem functioning and the delivery of ecosystem services, thereby adversely impacting human livelihoods. Biological invasions are a central factor in global environmental change as they impact, and are impacted by, climate, ecosystem functions and services, and species extinction.*“. Recenzenti Theodoropoulosovej knihy odmietli kritiku inváznej biológie a spochybnili takmer všetky argumenty kritikov, prípadne sa uchýlili až k dehonestácii autora (Raven, 2004).

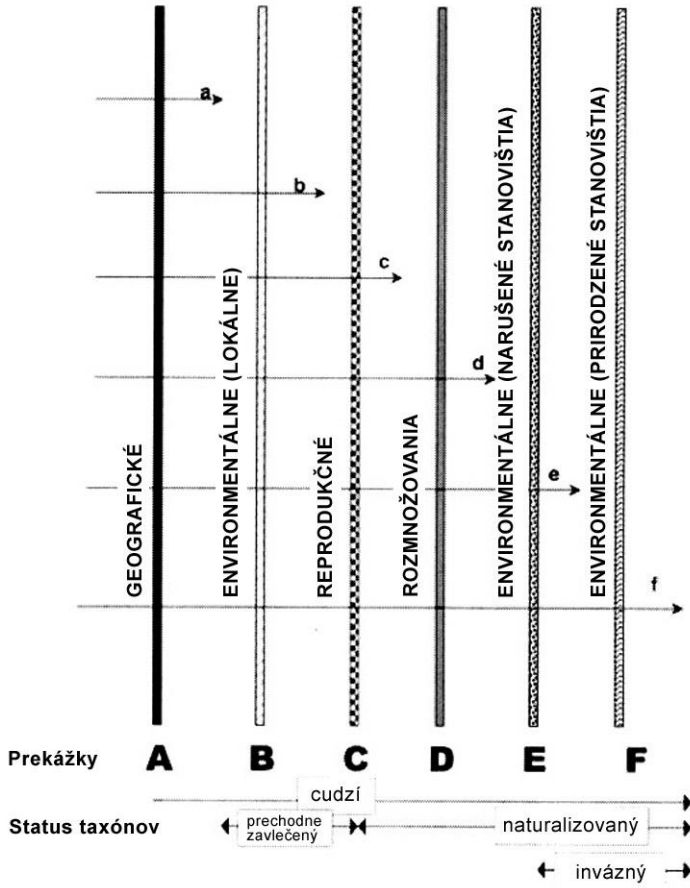
Všetky uvedené otázky sa naďalej a opakovane diskutujú až do súčasnosti (Cassini, 2020; Davis, 2020; Dueñas et al., 2018; Sagoff, 2018, 2020). Richardson & Riccardi (2013) to považujú za zavádzajúcu kritiku („*misleading criticisms*“) vedy o biotických inváziách. Protagonisti inváznej biológie kritiku odmietajú a označujú ju za denializmus („denializmus invázných druhov“), pretože vedecké dôkazy podporujú existujúci „vedecký konsenzus“, ktorý prezentujú tímovými článkami (Riccardi & Ryan, 2018). Diskusia k otvoreným otázkam poznávania môže byť produktívna, ak je k tomu rôznorodá vedecká komunita naklonená (Frank, 2019). V prípade inváznej biológie sa ukazuje, že to tak nie je (Davis, 2020) – protagonisti nie sú prístupní vedeckej diskusii a kritike hypotéz, záverov a tvrdení. Na kritiku odpovedajú obvykle kolektívnymi výhradami až na úrovni dehonestácie kritikov (Davis, l.c.).

### Invázna biológia

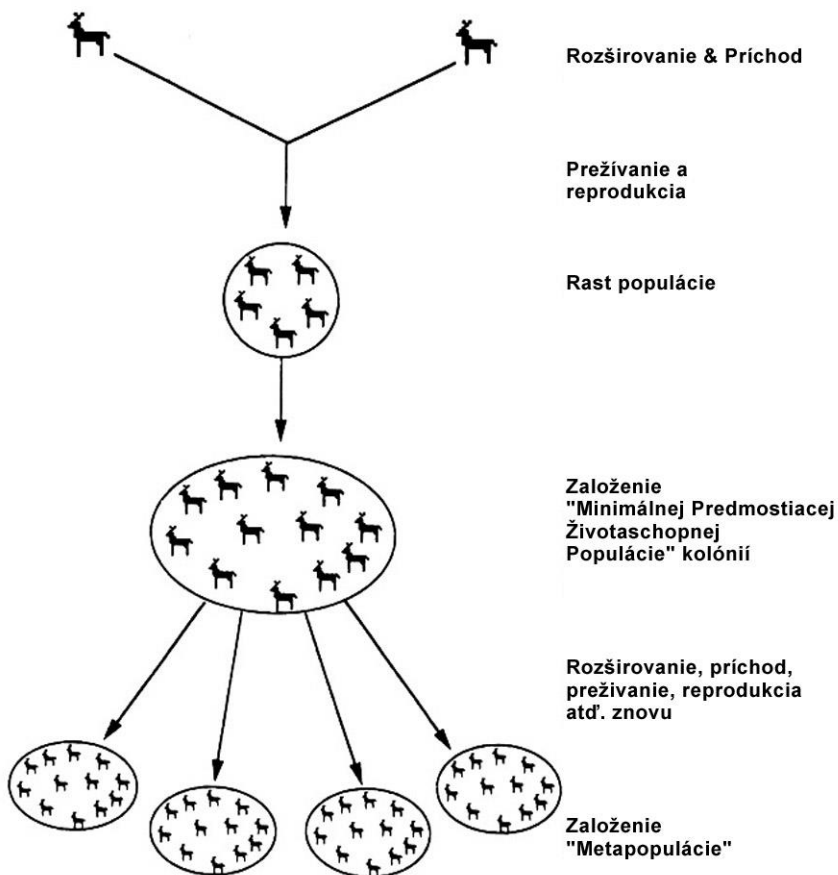
Problematika invázií rastlín a živočíchov v súčasnosti už nie je len ekologickou disciplínou. Invázna biológia sa usiluje o zjednotenie pri výskume zavlečených druhov rastlín a živočíchov a biotických invázií, keď sa snaží o odstránenie rozdielov medzi tradičnými biologickými disciplínami (zoológia, botanika, morská biológia). Výsledkom by malo byť zovšeobecnenie poznatkov, ktoré by vysvetľovali procesy jednotne tak pre rastliny ako aj pre živočchy (obr. 1, 2).

Invázna biológia sa snažila odstrániť viaceré anomálie, nedorozumenia a konfúzie vo vývoji inváznej ekológie, pokúsila sa zjednotiť používanie termínov, vrátane odstránenia rôznych synonym pre rovnaké procesy, jasne formulovaných definícií termínov a pod. (Pyšek et al., 2004). Rovnako tak zjednotiť pohľad na samotný proces invázií rastlín a živočíchov, jeho dynamiku a etapizáciu. Predpokladala, že jej vývoj dospeje k robustnej generalizácii.

Obr. 1: Predstava o biotických inváziách ako procese prekonávania prekážok (A-F) obmedzujúcich šírenie rastlín, uplatňovaná v ekológii invázií rastlín. Rastliny musia prekonať rôzne abiotické a biotické prekážky (bariéry), aby sa v novom prostredí stali zavlečenými, prechodne zavlečenými, udomácnenými alebo inváznymi rastlinami. Šípky a-f označujú dráhy, ktorými prechádzajú rastlinné taxóny, aby dosiahli rôzne štádiá procesu. Podľa Richardson et al. 2000 (Eliáš 2009b)



Obr. 2: Populačne-biologická predstava o biotických inváziách ako procese založenia životaschopnej populácie a metapopulácie uplatňovaná v ekológii invázií živočíchov. Kľúčovou fázou invázie je založenie minimálnej životaschopnej populácie a vytvorenie metapopulácie (populácie populácií) druhu v novom území. Schéma sa vzťahuje na pohlavne sa rozmnožujúce živočíchy, keď samec a samica prichádzajú spolu. Podľa Mollera (Eliáš 2009b)



Centrum pre inváziu biológiu (Centre for Invasion Biology, Stellenbosch) definuje inváziu biológiu nasledovne: „*Invasion biology is the study of both the species that become invasive in a system and their impacts on the system they have invaded, as well as the remediation of such invasions.*“

Predčasné generalizácie ako prejav nezrelej vedy

Invázna biológia, podobne ako iné „mladé vedy“, je vystavená rizikám pokusov o predčasné generalizácie a prezentácie neoverených hypotéz založených na malom



počte štúdií. Nedostatočný stav poznania javov a procesov, mechanizmov na rôznych úrovniach sa prejavuje skreslením (bias) našich poznatkov. Pyšek et al. (2008) potvrdili, že väčšina informácií o mechanizmoch invázií rastlín a živočíchov pochádza z obmedzeného počtu „*the most harmful invaders*“, čo spôsobuje veľké taxonomické a geografické skreslenie. Waren et al. (2017) ukázali, že existuje skreslenie pri prezentácii a interpretácii výskumu invázných druhov. Autori často uvádzali výskum v negatívnych súvislostiach a výsledky výskumov interpretovali proti inváznym druhom. Stohlgren & Rejmánek (2014) upozornili, že dôsledky biotických invázií na druhové bohatstvo nie sú univerzálne. Chýbajú empirické dôkazy o tom, že pokračujúce rastlinné invázie skutočne zapričínajú vymierania druhov (Downey & Richardson, 2016). Pre väčšinu invázných druhov nie sú informácie o ich ekologických a ekonomických dôsledkoch (McGeoch et al., 2012), chýbajú empirické dôkazy o ohrození (Byers et al. 2002; Gurevitch & Padilla, 2004; Simberloff et al., 2005, 2013; Larson, 2007), chyba aj ich kvantifikácia (Esler et al., 2010) a príslušný výskum (Jenkins et al., 2007; Hulme et al., 2013; Evans et al., 2016), čo spôsobuje ťažkosti pri hodnotení rizika (Bayliss et al., 2012). Celosvetové meta-analýzy skôr zahmlievajú ako prinášajú hodnotné informácie (Eliáš, 2008b; Vilá et al., 2011).

#### Dospievajúca veda o inváziách

V poslednom období sa invázna biológia začala viac zaujímať o úlohu človeka v biotických inváziách, pričom do riešenia vstúpili aj iné vedné disciplíny, vrátane spoločenských a ekonomických vied. Preto sa z rozvíjajúcej sa disciplíny inváznej biológie postupne vyvíja širšie zameraná veda, ktorá sa označuje ako veda o inváziách (agl. *invasion science*). Nový názov zdôrazňuje jej multi- a inter-disciplinaritu, osobitne význam spoločenských vied a ekonómie pri riešení otvorených otázok biotických invázií (Richardson and Ricciardi, 2013).

Veda o inváziách je rýchlo rozvíjajúci sa interdisciplinárny odbor, ktorý využíva a prosperuje z mnohých iných odborov, vrátane epidemiológie, imunológie, palaeontológie, makroekonomiky, humánnej geografie a humánnej histórie (Kueffer & Hirsch Hadom, 2008; Richardson, 2011).

Invázna veda potrebuje konsenzus v operačnej terminológii, v koncepčných a iných otázkach, aby sa vyvinula do objektívnejšej vednej disciplíny. Preto hľadá a rozpracováva rámce („*frameworks*“) na uľahčenie komunikácie, zdielanie porozumenia a implementovanie zovšeobecnení, ktoré budú užitočné pre výskum, politiku alebo manažment (Wilson et al., 2020). Protagonisti inváznej biológie, resp. vedy o invázií predpokladajú, že „*invasion science is maturing as a distinct discipline*“ (Wilson et al., 2020; Essl et al., 2020).

#### Rámce vedy o inváziách

Pracovná definícia rámca používaná v inváznej vede je nasledovná: „*A framework is a way of organising things that can be easily communicated to allow for shared understanding or that can be implemented to allow for generalisations useful for research, policy, or management*“ (Wilson et al., 2020).

Veda o inváziách začína pracovať s viacerými rámcami, ktoré by mali viesť k lepšiemu pochopeniu a konečne ku všeobecnej teórii biotických invázií. Cieľom zjednocujúceho rámca biotickej invázie (UFBI - *Unified Framework for Biological Invasions*) je prepojiť rámce vyvinuté botanikmi a zoológmi (Blackburn et al., 2011). Popisuje biotickú inváziu ako kontinuálny proces (kontinuum introdukcia-naturalizácia-invázia, „*INI continuum*“), pri ktorom druh musí prekonať sériu socioekonomických, geografických a ekologických prekážok (bariéry), aby sa dostal do ďalšieho štádia invázie, definovaného na základe populačno-ekologických kritérií (Blackburn a kol. l.c.). Rámec klasifikácie dráh introdukcie (IPCF - *Introduction Pathway Classification Framework*, Hulme et al., 2008) je zameraný na kontinuum INI (Wilson et al., 2020). Ďalší rámec sa vzťahuje na dôsledky invázných druhov (EICAT - *Environmental Impact Classification for Alien Taxa*, Blackburn et al., 2014), mal by uľahčiť hodnotenie a opis dôsledkov konzistentným spôsobom.

## Záver

Rýchly rozvoj inváznej ekológie viedol k veľkej diverzite prístupov, termínov, predstáv, koncepcií a hypotéz, ktoré komplikujú komunikáciu medzi vedcami, ale aj politikmi a manažermi. Predčasné pokusy o zovšeobecnenia neboli dostatočne podporené poznatkami z výskumu a aplikácie v praxi. Tieto skutočnosti a nevhodná a nejednotná terminológia viedli ku kritike inváznej ekológie ako vedy. Predmetom kritiky boli rozdiely v (a) chápaní procesov migrácií druhov a biotických invázií, (b) hodnotení dôsledkov introdukcie druhov na biodiverzitu a ekosystémy a (c) zaujatej/predpojatej a až xenofóbnej povahe inváznej ekológie. Invázna biológia sa pokúsila odstrániť viaceré problémy v nejednotnej terminológii a rozdiely medzi klasickými biologickými disciplínami. Identifikovali sa viaceré skreslenia („bias“), osobitne taxonomické a geografické skreslenie, predpojatosť a nedostatok dôkazov o ohrození druhov (vymieranie) zavlečenými druhmi. Z rozvíjajúcej sa disciplíny inváznej biológie sa postupne vyvíja širšie zameraná veda, ktorá sa označuje ako veda o inváziách (agl. *invasion science*). Nový názov zdôrazňuje jej multi- a inter-disciplinaritu, osobitne význam spoločenských vied a ekonómie pri riešení otvorených otázok biotických invázií. Invázna veda v záujme dosiahnutia konsenzu v operačnej terminológii, v koncepčných a iných otázkach, hľadá a rozpracováva rámce („*frameworks*“) na uľahčenie komunikácie, zdieľanie porozumenia a implementovanie zovšeobecnení, ktoré budú užitočné pre výskum, politiku alebo manažment.

V súčasnosti je stále veľa otvorených otázok, ktoré nám bránia porozumieť inváziám a inváznym rastlinám. Veľa neistoty je v predpovedaní druhov, ktoré budú kolonizovať nové územia a stanovišťa a aký bude ich dôsledok. Klimatická zmena ovplyvňuje biotické invázie, ale nelinearita vzťahov a synergizmus sťažujú hľadanie odpovedí na otvorené otázky (Eliáš, 2008a).

## Literatúra

BAYLISS, H. R., WILCOX, A., STEWART, G. B., RANDALL, N. P., 2012: Does research information meet the needs of stake holders? Exploring evidence selection in the global management of invasive species. In: *Evid. Policy*, 8, p. 37 – 56.

BYERS, J. E., REICHARD, S., RANDALL, J. M., PARKER, I. M., SMITH, C. S., LONSDALE, W. M., ATKINSON, I. A. E., SEASTEDT, T. R., WILLIAMSON, M., CHORNESKY, E., HAYES, D., 2002: Directing research to reduce the impacts of nonindigenous species. In: *Conserv. Biol.*, 16, p. 630 – 640.

BLACKBURN, T. M., PYŠEK, P., BACHER, S., CARLTON, J. T., DUNCAN, R. P., JAROŠÍK, V., RICHARDSON, D. M., 2011: A proposed unified framework for biological invasions. In: *Trends in Ecology and Evolution*, 26, p. 333 – 339.

BROWN, J. H., 1989: Patterns, modes and extents of invasions by vertebrates. In: Drake et al. (eds.) *Biological invasions: a global perspective*. SCOPE Report 37. John Wiley & Sons Ltd., Chichester, p. 85 – 109.

BURDIC, A., 2005: *Out of Eden: An Odyssey of Ecological Invasion*. New York, Farrar, Straus & Giroux, 324 p.

CASSINI, M. H., 2020: A review of the critics of invasion biology. In: *Biol. Rev.*, 9, p. 1467 – 1478.

CATFORD, J., JANSSON, R., NILSSON, C., 2009: Reducing redundancy in invasion ecology by integrating hypotheses into a single theoretical framework. In: *Diversity & Distributions*, 15, 1, p. 22. – 40.

DAVIS, M. A., 2009: *Invasion biology*. Oxford University Press, Oxford, UK.

DAVIS, M. A., 2020: Let's welcome a variety of voices to invasion biology. In: *Conservation Biology*, 34, 6, p.1329 –.1330.

DOWNEY, P. O., RICHARDSON, D. M., 2016: Alien plant invasions and native plant extinctions. In: *AoB Plants*, 8, plw047.

DRAKE, J. A., MOONEY, H. A., DI CASTRI, F., GROVES, R. H., KRUGER, F. J., REJMÁNEK, M., WILLIAMSON, M. (eds.), 1989: *Biological invasions: a global perspective*. SCOPE Report 37. John Wiley & Sons Ltd., Chichester. 525 p.

DUEÑAS, M.-A. et al., 2018: The role played by invasive species in interactions with endangered and threatened species in the United States: a systematic review. In: *Biodiversity and Conservation*, 27, p. 3171 – 3183.

ELIÁŠ, P., 1987: Biotické invázie a Ekotony – dva projekty SCOPE. In: *Pamiatky a príroda*, 18, 1, s. V.

ELIÁŠ, P., 1993: SCOPE: Scientific Committee of Problems on the Environment. In: *Správy SAV, Bratislava*, 29, 20, s. 5 – 6.

- ELIÁŠ, P., 1997a: Biologické invázie ako celosvetový problém. In: Eliáš, P. (ed.): Invázie a invázne organizmy. SNK SCOPE et SEKOS, Nitra, s. 9 – 28.
- ELIÁŠ, P. (ed.), 1997b: Invázie a invázne organizmy. Príspevky z vedeckej konferencie. SNK SCOPE et SEKOS, Bratislava-Nitra, 213 s.
- ELIÁŠ, P., 1998: Biotic invasions: processes on local and regional levels. In: Farina, A., Kennedy, J., Bossú, V. (eds.): Proceedings of the 7th International Congress of Ecology, 19–25 July 1998, Firenze, p. 125.
- ELIÁŠ, P., 2000: Invázna ekológia a súčasné poznatky o invadujúcich organizmoch. In: Eliáš, P. (ed.): Invázie a invázne organizmy. Program a abstrakty konferencie. SNK SCOPE et SEKOS, Bratislava–Nitra. s. 14.
- ELIÁŠ, P., 2001: Biotické invázie a invázne organizmy. In: Životné prostredie, 35, 2, s. 61 – 67.
- ELIÁŠ, P., 2005a: Biotické invázie ako proces. In: Biológia, ekológia, chémia, 10, 3, s. 14 – 18.
- ELIÁŠ, P., 2005b: Invázne a invadujúce zavlečené druhy. In: Biológia-ekológia-chémia, 10, 2, s. 12 – 15.
- ELIÁŠ, P., 2008a: Is the concept of invasive species acceptable in general invasion theory? In: EURECO-GFOE 2008 Congress proceedings. In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie, Leipzig, p. 402.
- ELIÁŠ, P., 2008b. Recenzia. Nentwig, W. (ed.) 2007: Biological invasions. Ecological Studies 193, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 441 p. ISBN 10 3-540-36919-8. In: SEKOS Bulletin, 16, , s. 55 – 57.
- ELIÁŠ, P., 2009a: 40 rokov vedeckého výboru pre problémy životného prostredia – SCOPE . In: SEKOS Bulletin, 17, 1, s. 4 – 11.
- ELIÁŠ, P., 2009b: Biotické invázie a manažment invázných organizmov. 1. vyd. VES SPU Nitra, 192 s.
- ELIÁŠ, P., 2011: Environmentálna bezpečnosť: riziká a ohrozenia inváziami zavlečených organizmov. In Bezpečnostní management a společnost. Sborník mezinárodní konference pořádané 11. a 12. května 2011 v Brně. Univerzita obrany, Brno, s. 133 – 147.
- ELIÁŠ, P., 2013: Úvod do problematiky invázných rastlín. Prednáška. Dendrologický seminár, Arborétum Mlyňany.  
Dostupné na [www.arboretum.sav.sk/file/invazne\\_rastliny\\_2013](http://www.arboretum.sav.sk/file/invazne_rastliny_2013).
- ELIÁŠ, P. (ed.), 2014a: Manažment invázných organizmov/druhov. Monotematické číslo. In: Životné prostredie, 48, 2, s. 63 – 128.
- ELIÁŠ, P., 2014b: Šesť časopisov o bioinváziách a invázných zavlečených organizmoch. In: Životné prostredie, 48, 2, s. 126 – 127.

- ELIÁŠ, P., 2021: Pracovní skupina synantropnej botaniky SBS. In: Bulletin Slov. Bot. Spoločn., 43, 1, s. 164 – 169.
- ELIÁŠ, P., BOHÁČ, J. (eds.), 2001: Invázne organizmy. Monotematické číslo. Životné prostredie, 35, 2, s. 57–112.
- ELTON, CH., 1958: The ecology of invasions by animals and plants. London. Methuen and Co. Ltd., 181 p.
- ELTON, CH., 1967: Ekologia invazji zwierzat i roślin. PWRiL, Warszawa.
- ENDERS, M. et al., 2020: A conceptual map of invasion biology: Integrating hypotheses into a consensus network. In: Glob. Ecol. Biogeog., 29, p. 978 – 991.
- EVANS, T., KUMSCHICK, S., BLACKBURN, T. M., 2016: Application of the environmental impact classification for alien taxa (EICAT) to a global assessment of alien bird impacts. In: Divers. Distrib., 22, 9, p. 919 – 931.
- GUREVITCH, J., PADILLA, D. K., 2004: Are invasive species a major cause of extinctions? In: Trends in ecology and evolution 19(9), p. 470 – 474.
- HULME, P. E., PYŠEK, P., JAROŠÍK, V., PERGL, J., SCHAFNER, U., VILÀ, M., 2013: Bias and error in understanding plant invasion impacts. In: Trends Ecol. Evol. 28, p. 212 – 218.
- JENKINS, P. T. et al., 2007: Broken screens: the regulation of live animal imports in the United States. Defenders of Wildlife, Washington, DC.
- KOLAR, C. S., LODGE, D. M., 2002: Ecological predictions and risk assessment for alien fishes in North America. In: Science 298, p. 1233 – 1236.
- KOWARIK, I., STARFINGER, U., 2009: Neobiota: a European approach. In: NeoBiota, 8, p. 21 – 28.
- KUEFFER, C., HIRSCH HADORN, G., 2008: How to achieve effectiveness in problem-oriented landscape research: the example of research on biotic invasions. In: Living Reviews in Landscape Research 2, 2.
- LARSON, B. M. H. 2005: The war of the roses: demilitarizing invasion biology. In: Frontiers in ecology and the environment 3(9), p. 495 – 500.
- MCGEOCH, M. A., SPEAR, D., KLEYNHANS, E. J., MARAIS, E., 2012: Uncertainty in invasive alien species listing. In: Ecol. Appl., 22, 3, p. 959 – 971.
- MOONEY, H. A., HOOBS, R. J. (eds.), 2000: Invasive species in a changing world. Island Press, Washington.
- MOONEY, H. A., MACK, R. N., MCNEELY, J. A., NEVILLE, L. E., SCHEI, P. J. & WAAGE, J. K. (eds), 2005: Invasive alien species: a new synthesis. Island Press, Washington, D.C., 368 p.
- MUNGI, N. A., QURESHI, Q. 2018: On the History, Politics and Science of Invasion Ecology. In: Dialogue - Science, Scientists, and Society. p. 1 – 15.

- NUÑEZ, M. A., PAUCHARD, A. & RICCIARDI, A., 2020: Invasion science and the global spread of SARS-CoV-2. In: *Trends Ecol. Evol.*, 35, 8, p. 642 – 645.
- PEARCE, F., 2018: Does 'green xenophobia' mean nature's gogetters are wrongly attacked as invasive species? In: *The Ecologist*, 29 March 2018.
- PYŠEK, P., RICHARDSON, D. M., REJMÁNEK, M., WEBSTER, G. L., WILLIAMSON, M., KIRSCHNER, J., 2004: Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. In: *Taxon*, 5, 1, p. 131 – 143.
- PYŠEK, P., RICHARDSON, D. M., PERGL, J., JAROŠIK, V., SIXTOVÁ, Z., WEBER, E., 2008. Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. In: *Trends in Ecology & Evolution* 23, p. 237.–. 244.
- PYŠEK, P., BRUNDU, G., BROCK, J., CHILD, L. & WADE, M., 2019: Twenty-five years of conferences on the Ecology and Management of Alien Plant invasions: the history of EMAPi 1992–2017. In: *Biol. Invasions*, 21, p. 725 – 742.
- RAVEN, J., 2004: Book Review. *Invasion Biology: Critique of a pseudoscience*. Theodoropoulos, D.I. 2003. Blythe, California: Avvar Books, S 14.50 (softback). 236 pp. In: *Annals of Botany* 94 (1), p. 196 – 197.
- REJMÁNEK, M., 2000: Invasive plants: approaches and predictions. *Austral Ecology* 25, p. 497 – 506.
- REJMÁNEK, M. et al., 2002: Biological Invasions: Politics and the Discontinuity of Ecological Terminology. In: *Bulletin of the Ecological Society of America*, 1/2002, p. 131.–.133.
- RICHARDSON, D. M. (ed.), 2011: *Fifty years of invasion ecology: The Legacy of Charles*. Wiley-Blackwell.
- RICHARDSON, D. M. et al., 2011: A compendium of essential concepts and terminology in biological invasions. In *Fifty Years of Invasion Ecology: The Legacy of Charles Elton* (Richardson, D.M., ed.), Wiley-Blackwell, p. 409 – 420.
- RICHARDSON, D. M. & PYŠEK, P., 2018: Fifty years of invasion ecology – the legacy of Charles Elton. In: *Divers. Distrib.*, 14, p. 161 – 168.
- 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. In: *Divers Distrib*, 6, p. 3 – 107.
- RICHARDSON, D. M., RICCIARDI, A., 2013: Misleading criticisms of invasion science: a field guide. In: *Divers. Distrib.*, 19, p. 1461 – 1467.
- SAGOFF, M., 2018: Invasive species denialism: a reply to Ricciardi and Ryan. In: *Biol. Invasions* 20, p.757.
- SAGOFF, M., 2020: Fact and value in invasion biology. In: *Conservation Biology* 34, p. 581 – 588.

- SAGOFF, M, 2020: Fact and value in invasion biology: reply to Cuthbert et al. 2020, *Conservation Biology*, 34, 6, (1583-1585), (2020).
- SIMBERLOFF, D, PARKER, I. M., WINDLE, P. N., 2005: Introduced species policy, management, and future research needs. In: *Front. Ecol. Environ.*, 3, p. 12 – 20.
- SIMBERLOFF, D., MARTIN, J.-L., GENOVESI, P., MARIS, V., WARDLE, D. A., ARONSON, J., COURCHAMP, F., GALIL, B., GARCI'A-BERTHOU, E., PASCAL, M., PYŠEK, P., SOUSA, R., TABACCHI, E., VILÀ, M., 2013: Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. In: *Trends Ecol. Evol.* 28, p. 58 – 66
- STOHLGREN, T. J., REJMANEK, M. 2014: No universal scale-dependent impacts of invasive species on native plant species richness. In: *Biol. Lett.*, 10, p. 20130939.
- SUKOPP, H., 1998: On the study of anthropogenic plant migrations in Central Europe. In: Starfinger, U., Redwards, K., Kowarik, I. & Williamson, M. (eds.): *Plant invasions: Ecological mechanisms and human responses*. Backhuys Publ., Leiden, p. 43 – 56.
- THEODOROPOULOS, D., 2003: *Invasion Biology: Critique of a pseudoscience*. Avvar Books, Blythe. 237 + xvi p.
- TREPL, L., 1990: Research on the anthropogenic migration of plants and naturalisation: its history and current state of development. In: Sukopp, H., Hejný, S., Kowarik, I. (eds.), *Urban Ecology: Plants and Plant Communities in Urban Environments*, SPB Academic Publ., The Hague, p. 75 – 97.
- VALERY, L., FRITZ, H., LEFEUVRE, J.-C., 2013: Another call for the end of invasion biology. In: *Oikos*, 122, p. 1143 – 1146.
- VILÀ, M., ESPINAR, J. L., HEJDA, M., HULME, P. E., JAROŠÍK, V., MARON, J. L., PERGL, J., SCHAFNER, U., SUN, Y., PYŠEK, P., 2011: Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. In: *Ecol. Lett.*, 14, p. 702 – 708.
- WILSON, J. R. U. et al., 2020: Frameworks used in invasion science: progress and prospects. In: *NeoBiota*, 62, p.1 – 30.