

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Přírodovědecká fakulta

Hadí invaze: hrozba pro ostrovní endemity

Bakalářská práce

Kindl Tibor

Školitel: doc. Mgr. Michal Berec Ph.D.

Garant: RNDr. Petr Veselý Ph.D.

České Budějovice 2023

Kindl, T. (2023). Hadí invaze: hrozba pro ostrovní endemity. [Invasions of snakes: the threat of insular endemics. Bc. Thesis, in Czech.] -35 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

ANOTACE

Invaze hadů do nového ostrovního prostředí není příliš časté oproti jiným živočišným invazím (třeba hlodavců nebo koček). Na druhou stranu, každý ochranář přírody již slyšel o obsazení ostrova Guam bojgou hnědou (*Boiga irregularis*). Není to jen tento had, který byl, za přičinění člověka, recentně zavlečen na nějaký ostrov uprostřed moře. Přesto se tématem hadích invazí z globálního pohledu nikdo doposud nevěnoval. Aby byla tato problematika poznána, je především důležité shromáždit veškeré relevantní studie, které doposud byly vypracovány. Proto je tato práce nejvíce podepírána především případy, které byly podpořeny výzkumem samotné introdukce a případným dopadem na ostrovní biotu. Přestože je takových studií (mimo guamské invaze) relativně málo, je potřebné mít poznatky o hadích invazích do budoucna. Lze totiž předpokládat, že hrozba introdukcí hadů může být pravděpodobnější pod vlivem klimatických změn, lodní dopravy, příp. nepozornými chovateli. Dopady neřízené invaze hadů může mít na ostrovní endemity, biodiverzitu i ekonomiku ostrova.

ANOTATION

Invasions of snakes into the new insular ecosystem are not too much frequent as another faunal invasion (for instance feline or rodents). On the other hand, everyone conservationist has already heard about occupation of Guam island by brown tree snake (*Boiga irregularis*). Of course, this is not only one serpentine species, which people to the whatsoever island in the middle of the sea recently introduced it. Nobody yet never followed globally up theme of serpentine invasions. So that it could be this problematic found, it is important to collect all relevant papers, which were developed so far. Hence, this thesis is support mainly by cases, which is carry by research of alone introduction or impact on insular biota. Although number of papers is relatively in imperfection, it is important to have those attainments about snake invasions for future. It could be assum, that threats of invasions of snakes would be more likely, thanks for climatic changes, shipment, eventual thoughtless breeders. Unmanaged introductions of snakes would have impacts on insular endemics, biodiversity and economy of island.

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, dne 13. 04. 2023

Tibor Kindl

PODĚKOVÁNÍ

Předně si poděkování zaslouží školitel Michal Berec, který se autora této práce nesnažil od, víceméně, rešeršního experimentu, kdy ani sám autor nevěděl, k jakému výsledku dospěje. Také patří poděkování Petrovi Veselému, který neměl problém s tím, aby autorovi této práce dělal fakultního garanta. Také si zaslouží poděkování všichni lidé, kteří jsou organizačně a administrativně schopní, kteří dokázali autorovi poradit v celé té administrativní síti.

Obsah

1. ÚVOD	2
1.1 Co to je invazní druh?	2
1.2 Ostrovy	4
1.3 Ostrovní invaze	6
2. METODIKA	7
2.1 Sběr dat.....	7
2.2 Vyhodnocení dat	7
3. VÝSLEDKY	8
3.1 Kde všude hadi byli zavlečeni a jsou invazní?.....	8
3.2 Vyhodnocení studií	9
3.3 Jaký má dopad invaze hadů na ostrovní biotu?	12
• Historie	12
• Ekologie	14
• Parazitologie.....	17
• Co můžeme očekávat v budoucnu?	17
• Invaze v praxi	19
4. DISKUSE	20
a. Poznámka k nezařazení druhu slepák květinový (<i>Indotyphlops braminus</i>)	20
b. Srovnání a přínos.....	20
c. Jednotlivé kategorie.....	20
d. Další studie do budoucna	23
5. ZÁVĚR	23
6. ZDROJE	24
Odborné studie užité při analýze	24
Literatura.....	33
Webové vyhledávače užité při systematickém vyhledávání studií a publikací:.....	34

1. ÚVOD

Ostrovní invazní biologie je jedním z významných dílků vědní disciplíny ochranářské biologie. Hadí invaze jsou méně časté, oproti jiným biotickým invadérům. Nejsou také příliš známé a zkoumané mezi odbornou veřejností. Přesto, je přínosné zabývat se touto problematikou. Aby bylo možné hadí invaze blíže poznat, je nutné shromáždit veškeré relevantní studie a poznatky.

Prvním cílem je zjistit, kde byli nepůvodní hadi doposud zaznamenáni. Následně se pozornost zaměří na ostrovy, na kterých již byly zaznamenány negativní dopady introdukce. Dalším cílem je získat veškeré informace z doposud publikovaných prací, které se budou týkat původu invazí, chování hadů v novém prostředí (a porovnání s původním prostředím), potravní ekologie, reprodukce, parazitologie a výhledem do budoucna. Konečným výsledkem bude pokus o syntézu poznatků a vyhodnocení dnes známých informací.

1.1 Co to je invazní druh?

Jako invazní druh je označován organismus, který byl zavlečen do nepůvodního prostředí a má negativní dopad na původní biotu. Každá invaze má čtyři základní počáteční fáze, tzv. cestu invaze (*invasion pathway*). Prvním článkem invaze je transport do nepůvodního prostředí a druhým je introdukce. Aby introdukovaný druh v novém prostředí přežil, musel se ve třetí fázi etablovat, tzn. vyrovnat se s abiotickými a biotickými faktory. Co však je nejdůležitější pro biologickou invazi, je schopnost množení a šíření v novém prostředí (Jeshke et al 2018).

Invazní druh se dokáže snadněji etablovat a množit za situace, kdy nové prostředí postrádá některé obranné mechanismy. Důležitým mechanismem je vysoká biodiverzita, genetická stabilita, konkurenceschopnost organismů nebo tzv. eko-evoluční zkušenost (dále jen zkráceně EEE; *eco-evolutionary experience*). EEE posuzuje z historického evolučně-ekologického hlediska zkušenosti konkrétního druhu s různými interakcemi. EEE je nutné znát nejen pro invazní druhy, ale i pro původní druhy. Jakmile jsou některé obranné mechanismy oslabené, hrozba (příp. intenzita) invaze je markantnější (Le Roux 2022). V Tab. 1 je přehled hypotéz, které popisují momenty, kdy nové prostředí jde vstříc invazi cizokrajného organismu.

Tab. 1: Přehled hlavních hypotéz biotických interakcí mezi invazním druhem a novým prostředím (zdroj: Le Roux 2022, přizpůsobeno).

<u>Název hypotézy</u>	<u>Popis</u>
Darwinova naturalizační hypotéza	Riziko invaze je vyšší, je-li v novém prostředí málo, pro invadéra, příbuzných druhů.
Hypotéza ztráty nepřítele	Introdukovaný druh není ohrožen nepřítelem.
Hypotéza vývoje větší konkurenceschopnosti	Postrádá-li invazní druh nepřítele, má větší prostor pro investování do růstu a reprodukce.
Hypotéza větší náchylnosti	Snížená genetická diversita může ovlivňovat sníženou obranyschopnost vůči novému nepříteli.
Limitující hypotéza podobnosti	Intenzita invaze je výraznější, dokáže-li nepůvodní druh obsadit niky, ve které nemá na nové lokalitě konkurenci
Hypotéza chybějícího mutualismu	Pro nepůvodní druh může být překážkou postrádání prospěšného mutualistického druhu.
Hypotéza naivní kořisti	Původním druhům chybí účinné antipredátorské mechanismy, proto podléhají intenzivnější predaci ze strany nepůvodního druhu.
Hypotéza nových asociací	Vytvořením nových asociací s původní biotou může nový druh posílit (nebo naopak oslabit).
Hypotéza nových zbraní	Introdukce se posílí, dokáže-li nepůvodní druh (především rostliny) produkovat, pro původní druhy neznámé, inhibující látky.
Preadaptační hypotéza	Usazení nepůvodního druhu je snazší, je-li na podobné prostředí a biotu adaptován.
Hypotéza uvolnění zdroje-nepřítele	V momentě, kdy je nepůvodní druh osvobozen od ohrožení nepřítelem (navazuje

	na 2. hypotézu), a kdy je zároveň přebytek zdrojů, usnadňuje taková situace invazi.
Hypotéza posouvající se obrany	Invazní druh (převážně rostliny) přestane investovat do obrany proti specialistům, které na novém území postrádá. A začne investovat do obrany proti generalistům. Tím začne více se usazovat a expandovat.
Hypotéza specialistů a generalistů	Jedná se o situaci, kdy je původní druh je specialista, zároveň je původní mutualista generalistou, který dokáže navázat asociaci s nepůvodním druhem.

1.2 Ostrovy

Ostrovy jsou z pohledu invazní biologie specifickou kapitolou. Samotná biologie ostrovů je z vědeckého hlediska velmi užitečná, ať už se jedná o ekologii, evoluční biologii nebo biogeografii (Jeshke et al 2018). Ostrovy můžou posloužit jako modelové území, které je ohraničeno přirozenou bariérou. Rovněž jsou mnohé ostrovní oblasti považovány za tzv. hotspoty biodiverzity. Koneckonců, jedním z předmětů bádání Charlese Darwina se staly galapážské pěnkavy (Whittaker et al 2006).

Zjednodušeně, oceánské ostrovy se rozdělují do 3 základních typů: oceánské (př. Galapážské o., Havajské o., Kanárské o.), kontinentální šelfové (př. Velké Sundy, Britské ostrovy, Nová Guinea) a mikrokontinentální, dříve jako kontinentální fragmenty (př. Nový Zéland, Sokotra, Madagaskar). Z biogeografického hlediska lze říci, že je jen minimum ostrovů, které by byly prastaré (výjimkou jsou Madagaskar a Nový Zéland). Většina ostrovů vznikla během posledních několika milionů let, ať už se jednalo o tektonickou (vzdvihnutím nebo ponořením zemského povrchu), nebo o vulkanickou činnost, buď na okrajích desek, nebo z tzv. horkých skvrn (Whittaker et al 2006).

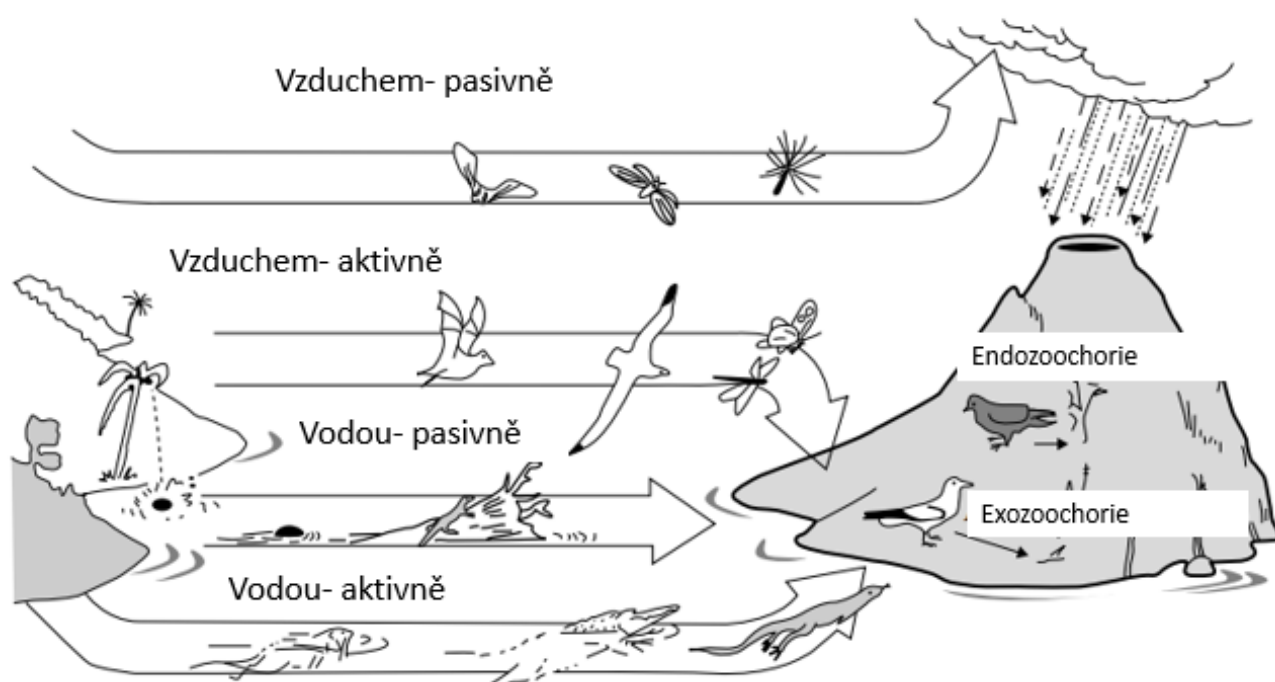
Z biogeografického hlediska se organismy na nový ostrov přírodní cestou mohly dostat několika možnými způsoby (znázorněno na obr. 1). Samozřejmě, každý ostrov je jinak vzdálený od pevniny, má často svá specifika, mnohdy jsou klima a biota diametrálně odlišné od nejbližší pevniny. Třeba Kanárské ostrovy jsou vzdáleností blíže saharské pevnině, ovšem biota je bližší Mediteránu. Nebo Galapážské ostrovy, které leží blízko rovníku a jsou

geograficky nejbliže Ekvádoru, tamní prostředí připomíná spíše polopoušť. Proto se některé druhy, přirozenou disperzí z nejbližší pevniny na ostrov, nedokázaly uchytit. To je nazýváno jako tzv. klimatický filtr (Whittaker et al 2006).

A také jsou rozdílné schopnosti různých skupin živočichů se přirozeně šířit. Je složité kvantifikovat schopnost šíření jednotlivých taxonů. Je rovněž na místě velká míra zdrženlivosti, ale jen pro představu a orientaci může posloužit přehled Whittakera et al 2006, viz tab. 2.

Tab. 2: maximální disperse podle různých biotických skupin (Whittaker et al 2006 přizpůsobeno).

<u>Organismy</u>	<u>Vzdálenost (v km)</u>
Velcí savci	70-150
Drobní savci	410
Hlodavci, pozemní želvy, hadi	920
Obojživelníci	1265
Gymnosperm	1356
Gekoni	1641
Krytosemenné rostliny, houby, kapradiny, netopýři, ptáci, členovci	3650



Obr. 1: Schéma, jak byly ostrovy kolonizovány různými organismy (Whittaker et al 2006; upraveno).

1.3 Ostrovní invaze

Ostrovní alfa-biodiversita je, co do počtu druhů v porovnání s jinými pevninskými, poměrně chudá. Ovšem ostrovní biota zároveň významně rozšiřuje druhovou (příp. i rodovou) bohatost díky endemitům (Whittaker et al 2006), které se mohou lišit i ostrov od ostrova v rámci souostroví. Příkladem můžou být želvy sloní (*Chelonoidis* spp.) z Galapážských ostrovů nebo rod veleještěrek (*Galotia*) z Kanárských ostrovů.

Jelikož bývá neobsazenost ostrovních nik široká, genetická variabilita malá a EEE nedostatečná (Le Roux 2022), hrozba invaze je velmi výrazná (viz Tab. 1, kde jsou nastíněné hlavní hypotézy invazivnosti). Díky antropogenní činnosti v průběhu několik tisíc let se ztráta ostrovní biodiverzity pouze zrychlila.

Všeobecně známé jsou případy živočišných ostrovních invazí, třeba krysy obecné (*Rattus rattus*), potkana obecného (*Rattus norvegicus*), kočky domácí (*Felis catus*) nebo prasete divokého (*Sus scrofa*). I mezi plazy lze objevit druhy, které zavlekli lidé na ostrovy, jako jsou někteří gekoni (*Gekkonidae*) nebo právě hadi.

2. METODIKA

2.1 Sběr dat

Hlavním zdrojem pro sběr dat a informací jsou veškeré studie, které byly vyhledávány primárně pomocí internetového vyhledávače Web of Science, v kombinaci s databází The Reptile Database. Do vyhledávače Web of Science byly zadávány veškeré relevantní ostrovy, které byly kombinovány s anglickými slovy „snakes“ (hadi), příp. „reptiles“ (plazi) a „introduced,“ „invasive,“ „non-native“ nebo „alien.“ Do vyhledávače The Reptile Database byl zadáván pouze název ostrova. Pro větší přehlednost bylo využito seznamů ostrovů v rámci jednotlivých mořských/oceánských ploch, které lze nalézt na anglickém portálu Wikipedia (veškeré využití seznamy: viz 7. kapitola).

2.2 Vyhodnocení dat

Nejprve byl vypracován přehled doposud zaznamenaných invazí, který je podpořený výzkumem.

Následně byly vyhodnoceny doposud publikované studie

Nakonec byla zaměřena pozornost na ostrovy, na kterých byl prokázán dopad hadích introdukcí na ostrovní biotu. Pro získání přehlednějších výsledků, z každé invaze byla snaha vytěžit informace týkající se následujících okruhů:

- I. Historie- jak se hadi na ostrov dostali? Kde najdeme nejbližší příbuzné?
- II. Srovnání ekologie nepůvodního prostředí s původním prostředím hada- úspěšnost, reprodukce.
- III. Potravní ekologie- kdo je hadem ohrožen přímo? Kdo je ohrožen nepřímo?
- IV. Parazitologie- jaké mají invazní hadi parazity? A ohrožují paraziti místní druhy?
- V. Predikce- co lze v budoucnu očekávat?
- VI. Hadí invaze v praxi- dopad hadí invaze pro běžný život. A jak invazi čelit?

3. VÝSLEDKY

3.1 Kde všude hadi byli zavlečeni a jsou invazní?

Na základě vyhledaných studií, byly zjištěny introdukce hadů, s dopadem na ostrovní biotu, na 12 ostrovech. Na jednotlivé ostrovy byl zavlečen pouze 1 druh, výjimkou jsou Baleárské ostrovy (Mallorca, Menorca, Ibiza, Formentera). Nejvíce zavlečených druhů patří do čeledi *Colubridae*, následuje čeleď *Boidae*. Některé druhy byly zavlečeny na více ostrovů. Celkový počet doposud známých invazních druhů je 10 (viz Tab. 3).

Tab. 3: Přehled postižených ostrovů (značka NO-CZ znamená, že neexistuje český název). Zbarvení znázorňuje kvantitu dohledatelných studií s přiloženým měřítkem.

Oblast	Ostrov	druh: odborný název	český název	čeleď
Středozeří	Mallorca	<i>Hemorrhois hippocrepis</i>	štíhlovka podkovní	<i>Colubridae</i>
		<i>Macroprotodon mauritanicus</i>	užovka kapucínská	<i>Colubridae</i>
		<i>Malpolon monspessulanus</i>	šírohlavec ještěrčí	<i>Colubridae</i>
		<i>Natrix maura</i>	užovka maurská	<i>Colubridae</i>
		<i>Rhinechis scalaris</i>	užovka žebříčková	<i>Colubridae</i>
	Menorca	<i>Macroprotodon mauritanicus</i>	Užovka kapucínská	<i>Colubridae</i>
		<i>Natrix maura</i>	Užovka maurská	<i>Colubridae</i>
		<i>Rhinechis scalaris</i>	Užovka žebříčková	<i>Colubridae</i>
	Ibiza	<i>Hemorrhois hippocrepis</i>	štíhlovka podkovní	<i>Colubridae</i>
		<i>Malpolon monspessulanus</i>	šírohlavec ještěrčí	<i>Colubridae</i>
		<i>Rhinechis scalaris</i>	užovka žebříčková	<i>Colubridae</i>
	Formentera	<i>Malpolon monspessulanus</i>	šírohlavec ještěrčí	<i>Colubridae</i>
		<i>Rhinechis scalaris</i>	užovka žebříčková	<i>Colubridae</i>
Karibské moře	Aruba	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	<i>Boidae</i>
	Cozumel	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	<i>Boidae</i>
	Portoriko	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	<i>Boidae</i>
	Saint Croix	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	<i>Boidae</i>

Atlantský oceán	Gran Canaria	<i>Lampropeltis californiae</i>	korálovka kalifornská	<i>Colubridae</i>
Indický oceán	Vánoční o.	<i>Lycodon capucinus</i>	NO-CZ	<i>Colubridae</i>
Tichý oceán	Okinawa	<i>Elaphe taeniura friesii</i>	NO-CZ	<i>Colubridae</i>
Tichý oceán	Guam	<i>Boiga irregularis</i>	bojga hnědá	<i>Colubridae</i>
Měřítko				
Barva		množství materiálů		
1 studie		Nedostatečné		
2-10		Dostačující		
10-20		Přiměřené		
20<n		Nadměrné		

3.2 Vyhodnocení studií

Na základě vyhledávání prostřednictvím Web of Science, bylo spočítáno celkem 204 studií, které se zabývaly případy uvedené v Tab. 3. Tyto studie byly následně rozděleny podle tematických okruhů a případy, kterým se studie zabývají. Případy byly pojmenovány podle lokality, kde se odehrávají invaze více druhů hadů (př. Baleárské ostrovy), nebo kterého druhu se invaze na ostrov (nebo ostrovy) týkají. U invazí, pro které byly získány poznatky pouze z jednoho okruhu témat, u kterých nelze vyvozovat potřebné závěry (*Lycodon capucinus* a *Elaphe taeniura*), byli tito hadi zahrnuti do kategorie „ostatní,“ avšak nadále s nimi téměř nebylo pracováno (nebyli zařazeni do grafů). Téma pojmenované „biologie druhu“ platí pro studie, které se zabývají invazním hadem, ale nelze je zařadit do některé z kategorií. Téma s názvem „více témat“ zahrnuje práce zabývající se více tématy, které se překrývají se zbylými kategoriemi (viz. Tab. 4).

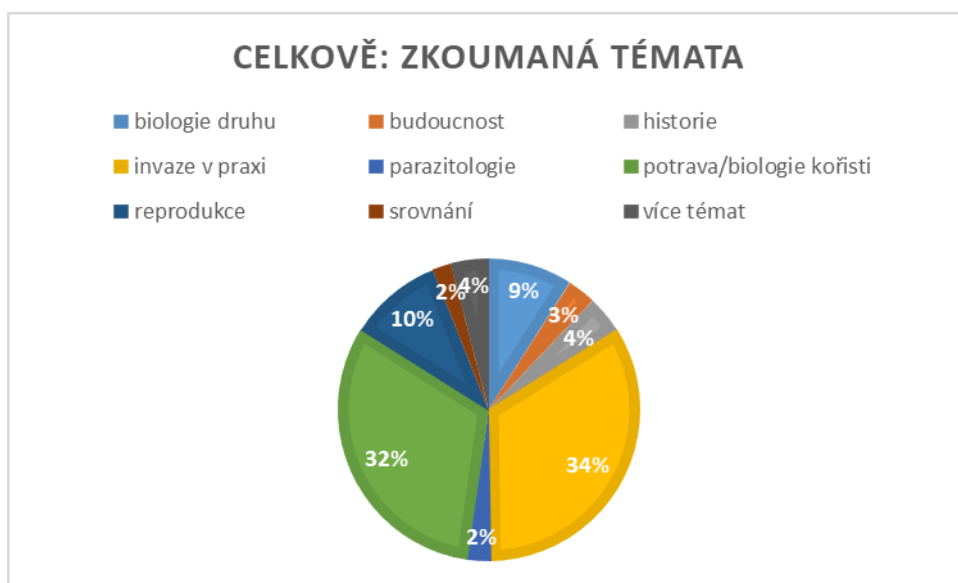
Nejvíce studií lze nalézt na téma „invaze v praxi“ (tzn. management, ekonomické dopady, zkoušení pastí apod.) z 34 % a „potrava“ (tzn. i dopady na ostrovní biotu predováním) z 32 %. Nejméně se studie věnovali srovnání s původním prostředím (2 %) a parazitologii (2 %). A z případů je nejvíce věnována pozornost guamské invazi bojg- 80 %. (viz Obr. 2, Obr. 3). Pro jednotlivé případy se poměr studií velmi lišil. Guamským bojgám se věnovala především

oblast managementu/invaze v praxi, celkem 41 %, minimum prací se věnuje srovnání s původní biotou a historií invaze. U ostatních byla potravní ekologie hada nejvíce zkoumána. Zároveň prací, zabývajících se invazí v praxi, byla pouze jedna (užití acetaminofenu pro korálovky). Avšak u případu korálovek nebyl, v poměru s ostatními kategoriemi, takový velký rozdíl jako u Baleárských ostrovů a hroznýšů. V obou případech bylo zastoupení studií, věnujících se potravní ekologii (tj. hlavně kořisti/kompetitorem) hada, 50 % a více (Obr. 4).

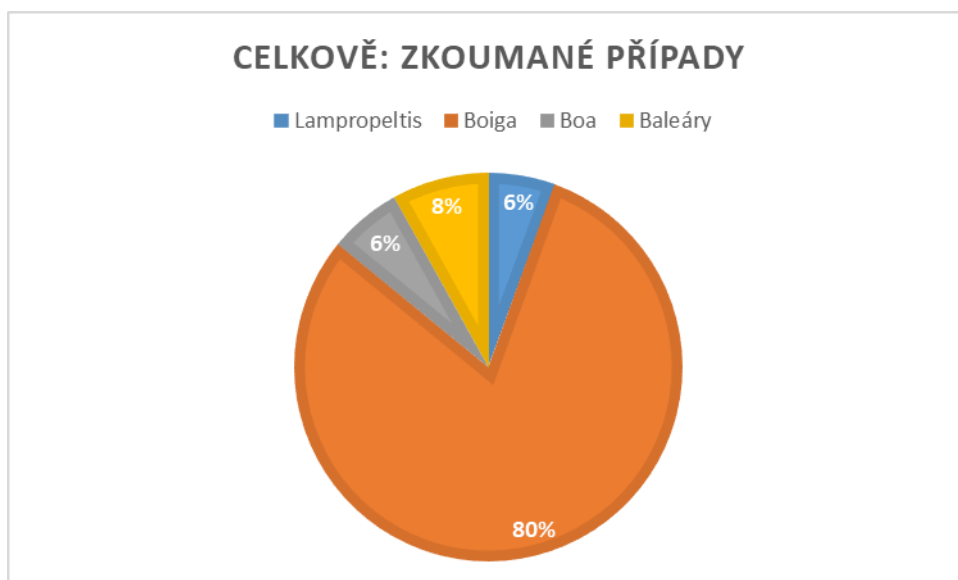
Pro některé kategorie a ostrovy neexistuje samostatná studie, avšak tyto informace jsou v kategorii studií „více témat“ (tj. „Budoucnost“, „Baleárské ostrovy“, „Srovnání“ - „Lampropeltis“). Přesto, pro parazitologii hadů z Baleárských ostrovů a parazitologii, budoucnost, reprodukci a srovnání hroznýšů, takové informace úplně schází.

Tab. 4: Přehled počtů studií pro jednotlivá témata a pro jednotlivé případy.

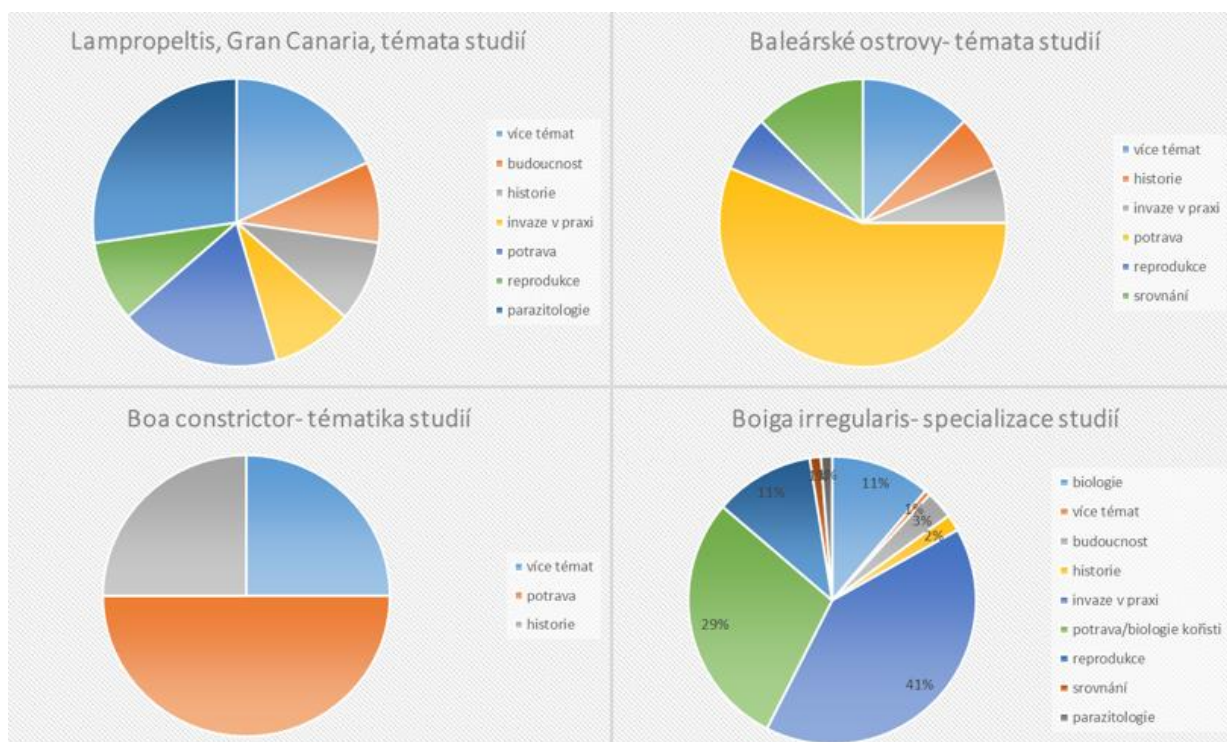
	<u>Ostatní</u> <u>(nezahrnuto)</u>	<u>Lampropeltis</u>	<u>Boiga</u>	<u>Boa</u>	<u>Baleárské</u> <u>o.</u>	<u>Celkem</u>
Biologie druhu	0	0	18	0	0	18
Budoucnost	0	1	5	0	0	6
Historie	0	1	3	3	1	8
Invaze v praxi	0	1	65	0	1	67
Parazitologie	0	3	2	0	0	5
Potrava/biologie kořisti	5	2	46	6	9	63
Reprodukce	0	1	18	0	1	20
Srovnání	0	0	2	0	2	4
Více témat	0	2	1	3	2	8
Celkem	5	11	160	12	16	199



Obr. 2: koláčový graf ukazující četnost zastoupení různých okruhů témat.



Obr. 3: koláčový graf znázorňující zaměřenost studií na konkrétní případy.



Obr. 4: koláčové grafy podle témat pro konkrétní případy.

3.3 Jaký má dopad invaze hadů na ostrovní biotu?

V této části jsou prezentovány veškeré získané informace o probídaných hadích invazích.

- Historie

Pro kategorii historie a původu hadů, byly pro jednotlivé případy kladeny otázky. Zda byl k dispozici nějaký kladogram (má-li smysl)? Zda pro zjištění původu byla použita laboratorní analýza? Který způsob introdukce je nejpravděpodobnější/nejčastěji zmiňovaný? A kde jsou nejbližší příbuzní? (viz Tab. 5)

Kladogram lze objevit pro celkem 8 druhů a laboratorní analýza pro 10 druhů. Z dat, vycházejících z molekulárně-genetických analýz, vychází výsledná charakteristika populací, nastiňující původ. Na základě nízké diverzity haplotypů pro mtDNA cyt b, je výsledkem tzv. efekt hrdla lahve- zakládající populace pocházela z nízkého počtu jedinců (např. u Portorika může připadat v úvahu i jediná gravidní samička). U ostrovních populací recentních hadů se také vyskytuje větší diverzita na úrovni alel, což odpovídá variantě úniku z chovů (*L. californiae*, *Boa constrictor*-Portoriko+ Saint Croix). U ostrovů, které jsou několik desítek kilometrů od nejbližšího původního místa výskytu introdukovaného hada, připadá v potaz i pasivní introdukce (Ibiza, Aruba, Cozumel, Mallorca).

Tab. 5: Přehled všech potřebných záležitostí, aby bylo možné určit původ hadích invadérů.

<u>Ostrov</u>	<u>druh: odborný název</u>	<u>český název</u>	<u>Pravděpodobný způsob introdukce</u>	<u>Kladogram (ANO/NE)</u>	<u>Laboratorní analýza</u>	<u>Příbuzní</u>
Baleárské ostrovy	<i>Hemorrhois hippocrepis</i>	štíhlavka podkovní	Lodní doprava	Ano	Ano	Jižní Španělsko + Maroko
	<i>Macroprotodon mauritanicus</i>	užovka kapucínská	Neznámý	Ano	Ano	Tunisko
	<i>Malpolon monspessulanus</i>	šírohlavec ještěřčí	Lodní doprava	Ano	Ano	Jižní Španělsko
	<i>Natrix maura</i>	užovka maurská	Neznámý	Ano	Ano	Jihovýchod od Francie
	<i>Rhinechis scalaris</i>	užovka žebříčková	Lodní doprava	Ne	Ano	Jižní Španělsko
Aruba	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	Chov (+ částečně možná i lodní doprava)	Ano	Ano	Guyanská vysočina
Cozumel	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	Chov (+ částečně možná i lodní doprava)	Ano	Ano	Mexiko
Portoriko	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	Chov	Ano	Ano	Jižní Amerika

Saint Croix	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	Chov	Ano	Ano	Střední Amerika
Gran Canaria	<i>Lampropeltis californiae</i>	korálovka kalifornská	Chov	Ne	Ano	Kalifornie
Guam	<i>Boiga irregularis</i>	bojga hnědá	Lodní doprava	Ne	Ne	Nová Guinea

Pro 6 případů připadá v úvahu introdukce lodní dopravou a pro 5 případů únik z chovu (nebo záměrné vypuštění), z čehož pro Cozumel a Arubu připadá v úvahu obě varianty nebo kombinace těchto variant. Pro užovku maurskou a užovku kapucínskou není zřejmé, jak se na ostrovy dostaly. Podle vědeckých analýz se však tyto hadi mohli dostat na Mallorcu a Menorcu před asi 2000 lety, takže se může jednat o historickou introdukci. Pro bojgy nebyla objevena žádná studie, pojednávající, na základě laboratorních analýz, o přesném původu hadů. Avšak ve většině publikací je zmíněna introdukce hadů po II. světové válce, kdy se dostali na Guam spolu s válečnou technikou, přemísťovanou po moři (Guicking et al 2005, Silva-Rocha 2012, Silva-Rocha et al 2015, Silva-Rocha et al. 2018, Bushar et al 2015, Vázquez-Domínguez et al 2012, Suárez-Atilano et al 2019, Reynolds et al 2013, Angeli et al 2018, Fritts et al 1998).

Tab. 5: Shrnutí, týkající se původu introdukovaných hadů.

- Ekologie

1. Srovnání

Byla kladena otázka: zda se hadi chovají stejně v novém prostředí jako v původním? Jelikož bylo objeveno pouze 5 studií, které se tomuto tématu věnovaly, nelze dostatečně tuto skutečnost přesně srovnat. Přesto, ve všech případech došlo ke ztrátě účinného predátora, který by dokázal hada eradikovat, případně konkurenta, který by dokázal hady vytlačit. V porovnání s pevninou mohou dorůst větší délky a větší šanci na přežití mají i albinotické druhy (korálovka). Taktéž se snižuje riziko újmy v podobě zranění nebo méně četné autotomie ocasu.

2. Potravní ekologie

Byly kladeny otázky: jsou hadi na ostrově specializováni? Co nejvíce predují? Jsou mezi ohroženými endemity? Má potravní ekologie invazních hadů i jiný dopad na živočichy/rostliny?

Tomuto okruhu se věnovala pozornost ve všech případech hadích invazí (celkem 63 studií). Všichni invazní hadi, kteří byli zkoumáni, jsou jednak na ostrově, jednak v původním prostředí potravní generalisté. Potravou jsou hlavně obratlovci. U pěti případů byla zjištěna souvislost s rapidním poklesem populace ostrovních endemitů s příchodem hadů na ostrov, u jednoho případu (Aruba) byl naopak potvrzen nárůst populace i přes výraznou predaci endemické ještěrky, u zbylých druhů/případů nejsou zatím hadem ohrožováni ostrovní endemiti nebo nebyla doposud věnována ve studiích pozornost (viz Tab. 6). Zatím bylo prokázáno vyhubení endemických druhů pouze u bojgy hnědé. Zároveň nejsou známy v posledním desetiletí žádné studie, které by aktualizovaly počet vyhynulých živočichů na Guamu. Na jiných ostrovech však endemická fauna nebyla úplně vyhubena (přehled ovlivněných endemitů, viz Tab. 7) .

Největší pokles ostrovní populace druhů, zapříčiněno invazí, je způsobeno predací. V jednom případě byla prokázána kompetice mezi hadem a původním predátorem (hroznýši na ostrově Cozumel). Tři studie prokazují vliv přítomnosti užovky maurské na morfologii a zrychlení vývoje pulců. Dvě studie prokázaly (u bojgy hnědé) dopad hadích invazí i na rostliny, způsobené ztrátou ptačích opylovačů (př. Kolenovník, *Bruguiera gymnorrhiza*) a roznašečů semen (paprika křovitá, *Capsicum frutescens*).

Tab. 6. Přehled, zda jednotlivé invaze ohrožují nějaké ostrovní endemity a jakým způsobem.

<u>Ostrov/y</u>	<u>Odborný název</u>	<u>český název</u>	<u>ohrožuje ostrovní endemity</u>	<u>Jak ohrožuje</u>
Baleárské o.	<i>Hemorrhois hippocrepis</i>	štíhlavka podkovní	Ano	predace
	<i>Macropododon mauritanicus</i>	užovka kapucínská	Není známo	X
	<i>Malpolon monspessulanus</i>	šírohlavec ještěrčí	Není známo	X
	<i>Natrix maura</i>	užovka maurská	Asi ano	predace
	<i>Rhinechis scalaris</i>	užovka žebříčková	Není známo	predace
Aruba	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	asi ne	—
Cozumel	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	Ano	predace+ konkurence
Portoriko	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	Není známo	X
Saint Croix	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	Není známo	X
Gran Canaria	<i>Lampropeltis californiae</i>	korálovka kalifornská	ano	predace
Guam	<i>Boiga irregularis</i>	bojga hnědá	ano	predace

Tab. 7: Přehled všech ostrovních endemických živočichů, kteří jsou negativně ohroženi introdukcí hadů.

<u>Lokalita</u>	<u>Český název</u>	<u>Latinský název</u>	<u>Jak ohrožen</u>
Baleárské ostrovy	Ropuška baleárská	<i>Alytes muletensis</i>	Predace
	Ještěrka pityuská	<i>Podarcis pityusensis</i>	Predace
Cozumel	Nosál bělohubý	<i>Nasua nelsoni</i>	Kompetice
	Mýval trpasličí	<i>Procyon pygmaeus</i>	Kompetice
	NO/CZ (hlodavec)	<i>Reithrodontomys spectabilis</i>	Predace
	drozdec cozumelský	<i>Toxostoma guttatum</i>	Predace
	NO/CZ (tej)	<i>Cnemidophorus cozumela</i>	Predace
Aruba	NO/CZ (tej)	<i>Cnemidophorus arubensis</i>	Predace
Gran Canaria	Veleještěrka obrovská	<i>Galotia stehlini</i>	Predace
	Scink šestipruhý	<i>Chalcides sexlineatus</i>	Predace
	Gekon kanárský	<i>Tarentola boettgeri</i>	Predace

3. Reprodukce

Byly kladeny otázky: liší se velikosti snůšky? Je páření a reprodukce nějak časově ohraničeno?

Jelikož jsou k dispozici pouze studie o reprodukci, které se věnují pouze korálovkám z Gran Canaria, bojgám z Guamu a štíhlovkám z Ibizy, je složité dostat ucelený výsledek. U korálovek a štíhlovek je uváděno, že populace jsou reprodukčně plastictní. U bojg i u štíhlovek se počet mláďat neliší, ani se neliší kvalita mláďat. U samic bojg bylo objevováno samčí sperma po celý rok. V porovnání s populacemi ze severní Austrálie, bojga na Guamu ztratila sezonnost pro páření a rozmnožuje se celoročně. U samic invazních korálovek byly,

oproti původním americkým korálovkám, v 57,14 % zvětšené folikuly, byly gravidní o měsíc dříve a snůšky dosahovaly i objemu 25 vajíček. Samotnému průběhu páření není věnována pozornost (Febrerra-Serra et al 2021, Dubey et al 2014, Ruiz-Sueiro et al 2019, Bombi et al 2011, Lassnig et al 2021, Montes et al 2020, Montes et al 2021, Ortega et al 2016, Griffiths et al 1998, Pinya et al 2016, Griffiths et al 2004, Ruiz-Sueiro et al 2019, Martínez-Morales et al 1998, Cuarón et al 2004, Cuarón et al 2009, Quick et al 2005, Goessling et al 2015, Reinert et al 2021, Wiseman et al 2019, Anguiano et al 2015, Fischer et al 2019, Gienoviesi et al 2012, Piquet et al 2022, Fisher et al 2021, Oliver et al 2018, Emery et al 2021, Savidge et al 2007, Willes et al 2003, Lardner et al 2009, Nafus et al 2021, Fritts et al 1998, Mortensen et al 2008, Egerer et al 2018, Quallus et al 2007).

- Parazitologie

Byly kladeny otázky: jsou ostrovní hadi nositeli cizopasnými organismy? Jsou ohroženi nějakou chorobou? A neohroží paraziti hadů i místní endemity, především plazy?

Tématem parazitů invazních hadů se věnuje pouze 5 studií, z nichž 3 jsou z ostrova Gran Canaria a 2 z Guamu. Byli zjištěni paraziti *Adelina* (*Adelinae*- SAR), *Sarcocystis* (*Sarcocystidae*- Myxozoa- Alveolata), 5 druhů helmintů nebo čmelíkovec hadí (*Ophionyssus natricis*). V bojgách byl objeven nepůvodní parazit patřící mezi tasemnice *Spirometra erinaceieuropaei* (Priestnall et al 2021, Santana-Hernández et al 2022, Santana-Hernández et al 2021, Holldorf et al 2015).

- Co můžeme očekávat v budoucnu?

Jsou k dispozici modely možného šíření? Může ovlivnit změna klimatu šíření hadů? Lze odhadnout další šíření v rámci napadeného ostrova?

Bylo celkem objeveno 6 studií zabývajících se samotným potencionálním šířením hadů a 2 studie se touto problematikou zabývalo částečně. Model potenciálního šíření je k dispozici pro všechny hady, kromě užovky maurské a pro hroznýše královského (viz Tab. 8). Zároveň existují, pro všechny hady mapy s aktuálním rozšířením nebo s místy odchytu v rámci ostrova (resp. v době vydání publikace).

U všech ostrovů bude pravděpodobně docházet k intenzifikaci invazí, avšak to nemusí platit pro všechny druhy. Užovka kapucínská by mohla s oteplováním začít ustupovat.

Z modelů vychází i informace, že se současní invazní hadi budou moci šířit i na další ostrovy (korálovky na jiné Kanárské ostrovy, bojgy v rámci Pacifiku- Saipan, Havaj, severní ostrov Nového Zélandu, aj.) (Silva-Rocha 2012, Silva-Rocha et al 2015, Warren et al 2021, Rödder et al 2010).

Tab. 8: Shrnutí možného šíření hadů v budoucnu v rámci ostrova. A zda je k dispozici model pro případné šíření hadů na jiný ostrov.

<u>Ostrov</u>	<u>druh: odborný název</u>	<u>český název</u>	<u>Je k dispozici model možného šíření na jiné ostrovy?</u>	<u>Může se dále šířit v rámci ostrova</u>
Baleárské ostrovy	<i>Hemorrhois hippocrepis</i>	štíhllovka podkovní	Ano	Ano
	<i>Macropododon mauritanicus</i>	užovka kapucínská	Ano	Ne
	<i>Malpolon monspessulanus</i>	šírohlavec ještěřčí	Ano	Ano
	<i>Natrix maura</i>	užovka maurská	Ne	?
	<i>Rhinechis scalaris</i>	užovka žebříčková	Ano	Ano
Aruba	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	Ne	Ano
Cozumel	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	Ne	Ano
Portoriko	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	Ne	Ano
Saint Croix	<i>Boa constrictor</i>	hroznýš královský	Ne	Ano
Gran Canaria	<i>Lampropeltis californiae</i>	korálovka kalifornská	Ano	Ano
Guam	<i>Boiga irregularis</i>	bojga hnědá	Ano	Ano

- Invaze v praxi

Jaký má dopad hadí invaze na běžný život? Jak lze účinně bojovat proti hadům, když k invazi dojde? Jak invazi zabránit?

Ačkoliv nejvíce studií, zabývajících se hadími invazemi, spadá do kategorie „Invaze v praxi,“ až na jednu studii, všechny byly prováděny na Guamu.

Tři studie se věnovaly, nebo se dotýkaly, ekonomických dopadů, které hadi ovlivňují. Jednak se jednalo o studii týkající se celkových ekonomických dopadů, jednak výpadkům elektrické energie na ostrově způsobené hady, jednak byla zpracována hypotetická invaze na Havaj. Z nich vyplývá, že celkové ekonomické dopady invaze bojgy odpovídají 10,37 miliardy USD, že častou příčinou výpadku proudu a zničením různých zařízení jsou bojgy a potenciální dopad introdukce bojgy na Havaj by se pohyboval od 593 milionů do 2,14 miliardy USD.

Nejvíce prací se zabývalo možnými způsoby eradikace bojgy hnědé a účinností toho opatření, ať už v praxi nebo pouze teoreticky. Bylo testováno aktivní užívání psů s psovody, pletivových bariér, pevných hrubých bariér, pevných hladkých bariér a otrávených návnad acetaminofenem. Teoreticky byla zmiňována třeba varianta vypuštění přirozeného predátora (nejčastěji užovkovitý had z Austrálie- *Stegonotus cucullatus*). Z dat vyplývá, že nejúčinnějším opatřením jsou různé fyzické bariéry, ať už pletivové nebo pevné (80-100 % úspěšnost). Do jisté míry bylo účinné i užívání psů. Avšak užívání otrávených návnad mělo nejmenší úspěšnost. Na základě dvou studií, nejvíce přitahovanou potravou byli scinkové, gekoni a ptáci, nejméně pak mrtvá myš. Avšak samotný jed acetaminofen je velmi účinný, což bylo potvrzeno i u jediné laboratorní studie, věnované korálovkám.

Prevenici před hadí invazí se věnovalo 5 studií. První se věnovala airsoftových elektrických zbraní pro přímou konfrontaci hada s bezpečnostními (především celními) kontrolami, druhá se věnovala aktivnímu vyhledávání hadů psy s psovody, zbylé tři se věnovaly vyhnání nebo zahubení hadů v uzavřených zavazadlech, kontejnerech a dalších prostorách chemickými a tepelnými způsoby. Výsledkem je vysoká účinnost smrtelnosti hadů při zásahu airsoftovou zbraní, avšak nepraktičnost v rychlejší úprku hada, nezasáhne-li střela hada smrtelně. Relativně vysoká účinnost (62 %) vyhledávání hadů psy a psovody. Minimální úspěšnost užívání chemických fumigací (neboli plynování) a pasivním slunečním ohříváním. Na 100 % účinné se však ukázalo sálavé vytápění uzavřeného prostoru a teplotní fumigace- hnaní 48-52°C

teplého vzduchu (Friebohle et al 2020, Amburgey et al 2021, Boyarski et al 2008, Engeman et al 2002, Fritts et al 1998, Fritts 2002, Gebhardt et al 2010, Hileman et al 2020, Hill et al 2023, Christy et al 2017, Knox et al 2018, Kraus et al 2017, Kraus et al 2015a, Kraus et al 2015b, Nafus et al 2021, Richmond et al 2014, Rodda et al 2007, Saverie et al 2001, Savidge et al 2011, Soto et al 2021, Veitch et al 2002).

4. DISKUSE

a. Poznámka k nezařazení druhu slepák květinový (*Indotyphlops braminus*)

Tento druh je v dnešní době nejvíce kosmopolitně expandujícím hadem. Je specifický tím, že se dokáže množit partenogeneticky. I ostrovy se jeho expanzi nevyhnuly. Způsob jeho nejčastější introdukce je již také znám- je transportován při kořenech rostlin v květináčích. Přesto, je o samotném druhu známo velmi málo. Většina informací se týká jejich nálezů, ale není známo, odkud byli introdukováni. Rovněž zatím nejsou známy konkrétní dopady. Samozřejmě, může připadat teoreticky v úvahu přímý negativní dopad na ostrovní entomofaunu, případně nepřímý dopad na místní herpetofaunu, ať už z důvodu kompetice nebo přenašeče nepůvodních parazitů (Borroto-Páez et al 2015, Paolino et al 2019, Faraone et al 2019).

b. Srovnání a přínos

Tuto práci nelze srovnat s jinými rešeršemi, které byly doposud publikované. Zatím se nikdo nezaměřil shrnout veškeré poznatky, které jsou o jednotlivých invazích známé, a zároveň tato zjištění mezi sebou porovnat. Také lze srovnat poznatky o jednotlivých kategoriích, které jsou pro ostrovní invaze důležité. Lze využít také chybějící informace jako námět pro další zkoumání (parazitologie, srovnání s původním prostředím) nebo pro srovnání zkoumat již zjišťovaná témata.

c. Jednotlivé kategorie

- Invaze v praxi

Ačkoliv nejvíce studií bylo tematicky zahrnuto do kategorie „invaze v praxi,“ téměř všechny se věnovaly invazi bojgy hnědé. Dopad pro běžný život může být především ekonomický. Ve výsledcích byly zmíněny částky ekonomických ztrát, ať už potenciálních nebo tzv. kumulativních nákladů. Co však si pod tím představit? Snížená produkce plodin,

třeba papriky křovité, způsobené úbytkem fruktivorních ptáků, tzn. roznašeče semen. Zároveň úbytek insektivorních ptáků, kteří predovali na fruktivorním hmyzu. Čím více bude fruktivorního hmyzu, tím více budou vývozní artikly ostrova menší. Hadi při hledání potravy nebo úkrytu se mohou dostat do výroben, rozvoden i distribuční sítě elektrického proudu. Následkem mohou být výpadky proudu, které mají významné ekonomické dopady. Jde, jak o náklady na opravu, tak náklady s přerušením elektřiny spojené. Byť ne velké, jsou i náklady na zdravotní péči spojené s uštknutím (především dětí a alergických osob). Pokud by se had rozšířil i na jiné ostrovy, především na turisticky atraktivní, může to ovlivnit i turistický ruch. Jako u Havajských ostrovů, kde by na základě průzkumů mezi turisty, mohl stát Havaj přijít o příjem do státní kasy v rozpětí 138 milionů až 1,4 miliardy USD (Egerer et al 2018, Fritts 2002, Soto et al 2021, Gebhardt et al 2010). Na základě toho lze uvažovat, zda nejsou podobným způsobem ohroženy turisticky atraktivní destinace jako Ibiza nebo Gran Canaria.

Vysoké částky jsou vynakládány rovněž na výzkum, management invaze na ostrově a také prevenci, aby hadi nebyli dále distribuováni po moři. Podle havajských úřadů, konkrétně Rada pro havajské invazní druhy (Hawaii invasive species council), například vydalo v roce 2020 z grantového financování Ministerstvo vnitra USA 3,4 miliónů dolarů na kontrolu a potlačení bojgy hnědé. A zároveň na prevenci a detekci bojg na Havajských ostrovech a v souostroví Severní Mariany.

- Potrava

Všichni invazní hadi jsou vždy potravní generalisti. Zároveň však lze pozorovat u některých případů, že mají hadi vyvinutý jakýsi systém hodnot. Ať už se jednalo o hroznýše na Arubě, korálovky na Gran Canarii, štíhlovky na Ibize nebo bojgy na Guamu, ve všech případech byly nejvíce predováni plazi. Pravděpodobně to bude dáno dostupností této potravy. Avšak ve výzkumech, spadající do oddílu managementu, byly zkoumány potravní preference bojgy. Kvůli eradikaci se používají jako návnady otrávené myši. Při zkoumání preferencí potravy však bylo zjištěno, že z kořistí, které měl had k dispozici (gekona, scinka a myš), nejvíce preferovanou kořistí, především pro juvenilní hady, jsou gekoni. A při jiném pokusu byly pro bojgy nejméně přitažlivé myši mršiny, naopak největší zájem byl o ptačí mršinu (Lardner et al 2009, Nafus et al 2021).

Predace je primárním ohrožením endemických druhů (Tab. 7). Avšak našel se paradox na ostrově Aruba. Ačkoliv byl druh teje *Cnemidophorus arubensis* nejvíce predován, z dat a

pozorování vyplynulo, že s nárůstem hroznýšů došlo k nárůstu denzity i tejuů. Zatím neexistuje pro tento jev vysvětlení, rovněž je důležité být obezřetný z důvodu relativně mladé invaze (první záznamy v roce 1999) (Goessling et al 2015, Quick et al 2005, Reinert et al 2021).

Hadi se také mohou stát konkurenty ostrovním karnivorům, obývají-li ostrov. Dosud známým případem, je ohrožení karnivorů- nosálů a mývalů z ostrova Cozumel. Větší hroznýši můžou samozřejmě pro nosály a mývaly představovat i přímé ohrožení, tj. predaci. Ovšem mnohem větším problémem je kompetice o potravu (Cuarón et al 2004, Cuarón et al 2009).

Zatím není znám dopad hadí invaze na endemickou floru, avšak vliv na ostrovní floru jako takovou je znám. Produkci rostlin ovlivňuje ztráta ptačích opylovačů (př. Kolenovník, *Bruguiera gymnorrhiza*) a roznašečů semen (paprika křovitá, *Capsicum frutescens*) (Egerer et al 2018, Mortensen et al 2008).

Ve všech případech chybí účinný predátor, který by dokázal invazního hada přímo regulovat, nebo konkurenta, který by dokázal zařídit, aby neměl introdukovaný had, co pozřít. Často se hadí invadér setkal s tzv. naivní kořistí, která měla nízkou eko-evoluční zkušenost. Nejhůře dokázala na přítomnost invazního hada reagovat veleještěrka obrovská.

- Reprodukce

Pro reprodukci nebylo, z důvodu nedostatku studií, ve výsledcích možné utvořit nějaký smysluplný pattern hadí reprodukce při invazi. Lze však brát v úvahu fakt, že štíhlovky a bojgy, které pravděpodobně byly pasivně introdukovány z přirozeného prostředí, mají i přes některé změny, relativně podobnou reprodukci jako hadi z pevniny (třeba velikost a kvalita snůšky). Avšak reprodukční chování korálovek bylo markantně odlišné od původního prostředí. Případá v úvahu varianta, že ostrovní populace vzešly z domácích chovů. Pravděpodobně uprchlíci pocházeli z chovů, kde byly vysoké nároky na objemné snůšky (Quallus et al 2007, Fisher et al 2021, Ruiz-Sueiro et al 2019).

- Historie

Hadi se většinou dostali na postižený ostrov lodní dopravou nebo útekem (nebo záměrným vysazením). Jak bylo uvedeno, introdukce užovky kapucínské a užovky maurské není znám,

neboť z dat vyplývá, že se na ostrovy dostaly před pár tisíci lety. Lze však uvažovat o zavlečení hadů některými starověkými národy, které Baleárské ostrovy používaly jako transportní uzel. Tomu nasvědčuje fakt, že nejbližší příbuzní užovky kapucínské žijí v Tunisku (historická oblast Kartága), nejbližší příbuzní užovky maurské lze najít na jihovýchodě Francie (Silvia-Rocha et al 2015, Silvia-Rocha et al 2018). Pro objasnění by mohla posloužit do budoucna mezioborová studie, která by se na problematiku dívala z biologicko-archeologického hlediska.

d. Další studie do budoucna

Otázka dopadů hadí invaze na ostrovní biotu je i nadále plná otazníků, především s ohledem na parazitologický dopad. Nemůžou introdukovaní hadi jako jakási zásobárna parazitů?

Otázka výhledů do budoucna a modelování potencionálního rozšíření, může mít zásadní roli. Může přijít druhý Guam (tedy i s dopadem na běžný život)? Jsou ve hře pouze hadi uvedené v této práci? Jaká je hrozba invaze třeba dalšími běžně chovanými druhy? Nehrozí invaze užovky červené, korálovky sedlaté nebo krajty královské? A které ostrovy mohou pro takové hady být atraktivní? Není nasnadě severní ostrov Nového Zélandu, Azory nebo třeba některé ostrovy Středozemního moře?

A s tím souvisí otázka dopadů na běžný život. Není v budoucnu ohrožena třeba elektrická infrastruktura na Gran Canarii nebo Ibize, stejně jako je tomu na Guamu? A jak nejefektivněji zabránit transportu hadů?

5. ZÁVĚR

Rozhodně připadají v úvahu invaze hadů, které jsou, stejně jako korálovky kalifornské nebo hroznýši, populární mezi chovateli. Již existují náznaky zavlečení některých hadů z Baham, jejichž výsledkem by mohla být invaze s neblahými dopady na tamní biotu. Záznamy existují o užovce červené (*Pantherophis guttatus*), užovce *Thamnophis sauritus* nebo štíhlovce americké (*Coluber constrictor*) (Giery 2013, Johnson et al 2018, Johnson et al 2019) Doposud jsou známy invaze 10 druhů hadů na 12 ostrovů, pro které lze najít studie, potvrzující negativní dopad invazních hadů. Lze najít celkem 204 studií zabývajících se invazivností hadů. Ze 199 prací zahrnutých do analýzy, se nejvíce studií věnovalo invazi hadů v praxi a managementu invaze- 67 článků. 63 článků se věnovalo potvrzování ekologii. Nejméně studií se věnovalo srovnání invazních a původních druhů a parazitologii. Z historického pohledu byli hadi antropogenní činností nejčastěji dispergováni lodní dopravou a únikem z chovů. Ve všech

případech došlo ke ztrátě účinného predátora. Jsou potvrzené negativní dopady na ostrovní biotu, především pak na ostrovní endemity. Výhledy do budoucna pomocí modelů napovídají, že se hadi pravděpodobně budou i nadále šířit, při neopatrnosti i na sousední ostrovy. A ostrov Guam může posloužit jako odstrašující příklad, ale i jako místo inspirace pro eradikaci invazních hadů na jiných ostrovech.

6. ZDROJE

Odborné studie užité při analýze

1. Borroto-Páez, R., Bosch, R. A., Fabres, B. A., García, O. A. (2015). Introduced amphibians and reptiles in the Cuban archipelago. *Herpetological Conservation and Biology* 10(3):985–1012. Submitted: 3 December 2014; Accepted: 14 October 2015; Published: 16 December 2015.
2. Amburgey, S., Yackel A. A., Gardner, B., Lardner, B., Knox, A., Converse, S. J. (2021). Tools for increasing visual encounter probabilities for invasive species removal: a case study of brown treesnakes. *NeoBiota*. 70. 107-122. DOI: 10.3897/neobiota.70.71379.
3. Angeli, F. N., Coles, W., McKinley, S., Mulcahy, G. (2018). Introduction of an exotic constricting snake (*Boa constrictor*) and its establishment on St. Croix, U. S. Virgin Islands. *Herpetological Conservation and Biology* 14(1):288–296. Submitted: 12 January 2018; Accepted: 26 November 2018; Published: 30 April 2019.
4. Anguiano, M. P., Diffendorfer, J. E. (2015). Effects of Fragmentation on the Spatial Ecology of the California Kingsnake (*Lampropeltis californiae*). *Journal of Herpetology*, Vol. 49, No. 3, 420-427, 2015.
5. Asato, H., Sueyoshi, L., Nakagawa, M., Sugawara, R., Kadota, Y., Kawauchi, N., Kobayashi, S., Izawa, M., Toda, M. (2022). Food Habits of the Taiwan Beauty Snake, *Elaphe taeniura friesi*, as an Introduced Species on Okinawajima Island. *Current Herpetology* 41(2): 205–214, August 2022 © 2022 by The Herpetological Society of Japan.
6. Bombi, P., Capula, M., D'Amen, M., Luiselli, L. (2011). Climate change threatens the survival of highly endangered Sardinian populations of the snake *Hemorrhois hippocrepsis*. *Animal Biology*. 61. 239-248. DOI: 10.1163/157075511X584191.

7. Boyarski, V., Savidge, J., Rodda, G. (2008). Brown treesnake (*Boiga irregularis*) trappability: Attributes of the snake, environment and trap. *Applied Herpetology*. 5. 47-61. DOI: 10.1163/157075408783489239.
8. Bushar, L. M., Reynolds, R. G., Tucker, S., Pace, C. L-C., Lutterschmidt, W. I., Odum, R. A., Reinert, H. K. (2015). Genetic Characterization of an Invasive *Boa constrictor* Population on the Caribbean Island of Aruba. *Journal of Herpetology*, 49(4):602-610. DOI: <http://dx.doi.org/10.1670/14-059>.
9. Cuarón, A. D., Martínez-Morales, M. A., McFadden, K. W., Valenzuela, D., Gompper, M. E. (2004). The status of dwarf carnivores on Cozumel Island, Mexico. *Biodiversity and Conservation*, 13, 317–331. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:BIOC.0000006501.80472.cc>.
10. Cuarón, A. D., Valenzuela-Galván, D., García-Vasco, D., Copa, M. E., Bautista, S., Mena, H., ... Gompper, M. E. (2009). Conservation of the endemic dwarf carnivores of Cozumel Island, Mexico. *Small Carnivore Conservation*, 41, 15–21.
11. Dubey, S., Christe, P., Formenti, V., Staub, E., Schuerch, J., Glaizot, O., Ursenbacher, S. (2014). Introduced Freshwater Blenny Influences the Diet and Body Condition of the Invasive Dice Snake in Lake Geneva. *The Journal of Wildlife Management*. 79. DOI: 10.1002/jwmg.825.
12. Egerer, M. H., Fricke, E. C., Rogers, H. S. (2018). Seed dispersal as an ecosystem service: frugivore loss leads to decline of a socially valued plant, *Capsicum frutescens*. *Ecological Applications*, 0(0), 2018, pp. 1–13. DOI: 10.1002/eap.1667.
13. Emery, J. P., Mitchell, N. J., Cogger, H., Agius, J., Andrew, P., Arnall, S., Detto, T., Driscoll, D. A., Flakus, S., Green, P., Harlow, P., McFadden, M., Pink, C., Retallick, K., Rose, K., Sleeth, M., Tiernan, B., Valentine, L. E., & Woinarski, J. Z. (2021). The lost lizards of Christmas Island: A retrospective assessment of factors driving the collapse of a native reptile community. *Conservation Science and Practice*, 3(2), e358. DOI: 10.1111/csp2.358.
14. Engeman, R. M., Vice, D. S., York, D., Gruver, K. S. (2002). Sustained evaluation of the effectiveness of detector dogs for locating brown tree snakes in cargo outbound from Guam. *International Biodeterioration & Biodegradation* 49 (2002) 101 – 106.
15. Faraone, F. P., Barraco, L., Giacalone, G., Muscarella, C., Schifani, E., Vecchioni, L. (2019). First records of the Brahminy blindsnake, *Indotyphlops braminus* (Daudin,

- 1803), in Italy (Squamata: Typhlopidae). *Herpetology Notes*, volume 12: 1225-1229 (2019). DOI: 10.28978/nesciences.832967.
16. Febrer-Serra, M., Lassnig, N., Colomar, V., Picó, G., Tejada, S., Sureda, A., Pinya, S. (2023). Oxidative stress and behavioral responses of moorish geckos (*Tarentola mauritanica*) submitted to the presence of an introduced potential predator (*Hemorrhois hippocrepis*). *Science of the Total Environment* 855 (2023) 158864. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158864.
 17. Febrer-Serra M., Lassnig N., Perelló E., Colomar V., Picó G., Aguiló-Zuzama A., Sureda A., Pinya S. (2021). Invasion of Montpellier snake *Malpolon monspessulanus* (Hermann, 1809) on Mallorca: new threat to insular ecosystems in an internationally protected area. *BioInvasions Records* 10(1): 210–219, DOI: <https://doi.org/10.3391/bir.2021.10.1.22>.
 18. Feriche, M., Montes, E., Alaminos, E., Pleguezuelos, J. M. (2020). The Horseshoe whip snake (*Hemorrhois hippocrepis*) on Ibiza: predator release in an invasive population. *Amphibia-Reptilia* (2020). DOI:10.1163/15685381-bja10039.
 19. Fisher, S. R., Fisher, R. N., Alcaraz, S. E., Gallo-Barneto, R., Patino-Martinez, C., López Jurado, L. F., Rochester, C. J., (2019). Life-history comparisons between the native range and an invasive island population of a colubrid snake. *Island invasives: scaling up to meet the challenge*, pp. 326–331. Occasional Paper SSC no. 62. Gland, Switzerland: IUCN.
 20. Fisher, S., Fisher, R. N., Alcaraz, S. E., Gallo-Barneto, R., Patino-Martinez, C., Lopez-Jurado, L. F., Cabrera-Pérez, M. A., Grismer, J. L. (2021). Reproductive plasticity as an advantage of snakes during island invasion. *Conservation Science and Practice*, 554. DOI: <https://doi.org/10.1111/csp2.554>.
 21. Friebohle, J., Siers, S. R., Montgomery, C. E. (2020) Acetaminophen as an oral toxicant for invasive California kingsnakes (*Lampropeltis californiae*) on Gran Canaria, Canary Islands, Spain. *Management of Biological Invasions* DOI: 11. 10.3391/mbi.2020.11.1.09.
 22. Fritts, T.H., Rodda, G. H. (1998). THE ROLE OF INTRODUCED SPECIES IN THE DEGRADATION OF ISLAND ECOSYSTEMS: A Case History of Guam. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1998. 29:113–40.

23. Fritts, Thomas. (2002). Economic costs of electrical system instability and power outages caused by snakes on the Island of Guam. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 49. 93-100. DOI: 10.1016/S0964-8305(01)00108-1.
24. Gebhardt, K., Kirkpatrick, K., Shwiff, S. (2010). Potential Economic Damage From Introduction of Brown Tree Snakes, *Boiga Irregularis* (Reptilia: Colubridae), to The Islands Of Hawai'i. *Pacific Science*. 64. 1-10.
25. Gienovesi, P., Scalera, R. et al (2012). Aliens: The Invasive Species Bulletin Newsletter of the IUCN/SSC Invasive Species Specialist Group. In The management and control of the California kingsnake in Gran Canaria (Canary Islands): Project LIFE+ Lampropeltiss (Cabrera-Pérez, M. A., Gallo-Barneto, R., Esteve, I., Patiño-Martínez, C., López-Jurado, L. F.). Issue Number 32, 2012. s 20. ISSN 1173-5988.
26. Giery, S. (2013). First records of the Red Cornsnake (*Pantherophis guttatus*) from Abaco Island, The Bahamas, and notes on their current distribution in the Greater Caribbean Region. *IRCF REPTILES & AMPHIBIANS*. 20. 36-39. DOI: 10.17161/randa.v20i1.13935.
27. Goessling, M. J., Lutterschmidt, W. I., Reinert, H. K., Bushar, M. L., Odum, R. A. (2015). Multiyear Sampling Reveals an Increased Population Density of an Endemic Lizard after the Establishment of an Invasive Snake on Aruba. Source: *Journal of Herpetology*, September 2015, Vol. 49, No. 3 (September 2015), pp. 358-363. DOI: 10.1670/13-165.
28. Griffiths, R. A., Moore, R. D., O'Brien, M. C., Murphy, A., Jay, D. (2004). Induced defences in an endangered amphibian in response to an introduced snake predator. *Conservation ecology. Oecologia* (2004) 141: 139–147 DOI 10.1007/s00442-004-1649-5.
29. Griffiths, R. A., Schley, L., Sharp, P. E., Dennis, J. L., Román, A. (1998). Behavioural responses of Mallorcan midwife toad tadpoles to natural and unnatural snake predators. *Anim. Behav.*, 1998, 55, 207–214. DOI 10.1006/anbe.1997.0596.
30. Guicking, D., Griffiths, R. A., Joger, U., Wink, M. (2005). Introduced alien or persecuted native? Resolving the origin of the viperine snake (*Natrix maura*) on Mallorca. *Biodiversity and Conservation* (2006) 15:3045–3054. Springer 2005. DOI 10.1007/s10531-005-4878-y.
31. Hileman, E., Bradke, D., Nafus, M., Yackel A. A., Reed, R.. (2020). Surface material and snout-vent length predict vertical scaling ability in brown treesnakes: an evaluation

- of multispecies barriers for invasive species control on Guam. *Management of Biological Invasions*. 12. 457–475. DOI: 10.3391/mbi.2021.12.2.16.
32. Hill, J., Turner, K., Smith, J., Hamilton, M., DeVault, T., Pitt, W., Beasley, J., Rhodes, O. (2023). Scavenging dynamics on Guam and implications for invasive species management. *Biological Invasions*. 1-14. DOI: 10.1007/s10530-023-03014-6.
 33. Hinckley, A., Montes, E., Ayllón, E., Pleguezuelos, J. M. (2016). The fall of a symbol? A high predation rate by the introduced horseshoe whip snake *Hemorrhois hippocrepis* paints a bleak future for the endemic Ibiza wall lizard *Podarcis pityusensis*. *European Journal of Wildlife Research*. (2017) 63: 13 DOI 10.1007/s10344-016-1068-z.
 34. Holldorf, E. T., Siers, S. R., Richmond, J. Q., Klug, P. E., Reed, R. N. (2015). Invaded Invaders: Infection of Invasive Brown Treesnakes on Guam by an Exotic Larval Cestode with a Life Cycle Comprised of Non-Native Hosts. *PLoS ONE* 10(12): e0143718. DOI:10.1371/journal.pone.0143718.
 35. Christy, M. Savidge, J. Yackel A. A., Gragg, J., Rodda, G. (2017). Experimental landscape reduction of wild rodents increases movements in the invasive brown treesnake (*Boiga irregularis*). *Management of Biological Invasions*. 8. 455-467. DOI: 10.3391/mbi.2017.8.4.01.
 36. Johnson, S., Francois, K. (2018). First Record of an Eastern Ribbonsnake (*Thamnophis sauritus*) from Paradise Island, The Bahamas. *Reptiles & Amphibians*. DOI: 25. 214. 10.17161/randa.v25i3.14311.
 37. Johnson, S., Knowles, T. (2019). North American Racer (*Coluber constrictor*) on Grand Bahama, The Bahamas. *Reptiles & Amphibians*. 26. 77-78. DOI: 10.17161/randa.v26i1.14354.
 38. Kierepka, E. M., Juarez, R., Turner, K., Smith, J., Hamilton, M., et al (2019). Population Genetics of Invasive Brown Tree Snakes (*Boiga irregularis*) on Guam, USA. *The Herpetologists' League. Herpetologica*, 75(3) : 208-217. DOI: 10.1655/D-18-00057.
 39. Knox, A. J., Lardner, B., Adams, Y. A., Reed, R. N. (2018). Evaluating Airsoft Electric Guns for Control of Invasive Brown Treesnakes. *Tools and Technology. Wildlife Society Bulletin* 42(3):534–539; 2018; DOI: 10.1002/wsb.909.
 40. Kraus F, Stahl R, Pitt W. 2015b. Chemical repellents appear non-useful for eliciting exit of brown tree snakes from cargo. *Int J Pest Manag*. 61:144–152.
 41. Kraus, F., Stahl, R., Pitt, W. (2015a). Thermal fumigation provides a simple and effective solution for sanitizing cargo from invasive snakes. *J Pest Sci*. 88:331–341.

42. Kraus, F., Stahl, R., Pitt, W. (2017). An assessment of radiative heating as a thermal treatment for invasive snakes in cargo. *International Journal of Pest Management*. 64. 1-12. DOI: 10.1080/09670874.2017.1293309.
43. Lardner, B., Savidge, J., Rodda, G., Reed, R. (2009). Prey preferences and prey acceptance in juvenile Brown Treesnakes (*Boiga irregularis*). *Herpetological Conservation and Biology*. 4. 313-323.
44. Lassnig, N., Colomar, A., Pinya, S., Febrer-Serra, M. (2021). Tail breakage and predatory pressure upon two invasive snakes (Serpentes: Colubridae) at two islands in the Western Mediterranean. *Can. J. Zool.* 99: 539–547 (2021). DOI: 10.1139/cjz-2020-0261.
45. Martínez-Morales, M. A., Cuarón, A. D. (1998). Boa constrictor, an introduced predator threatening the endemic fauna on Cozumel Island, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 8: 957–963, 1999. DOI: 10.1023/A:1008815004072.
46. Mathies, T., Cruz, J., Lance, V., Savidge, J. (2010). Reproductive Biology of Male Brown Treesnakes (*Boiga irregularis*) on Guam. *Journal of Herpetology*. 44. 209-221. DOI: 10.2307/40664955.
47. Montes, E., Kraus, F., Chergui, B., Pleguezuelos, J. M. (2020). Collapse of the endemic lizard *Podarcis pityusensis* on the island of Ibiza mediated by an invasive snake. *Current Zoology*, Volume 68, Issue 3, June 2022, Pages 295–303. DOI: 10.1093/cz/zoab022.
48. Montes, E., Pleguezuelos, J., Kraus, F. (2021). Rapid endangerment of the lizard *Podarcis pityusensis* by an invasive snake demands immediate conservation response. *Amphibian and Reptile Conservation*. 15. 238-243.
49. Monzón-Argüello, C., Patiño-Martínez, C., Christiansen, F., Cabrera-Pérez, M. Á., Gallo-Barneto, R., Peña-Estévez, M. Á., López-Jurado, L. F., Lee, P. L. M. (2015). Snakes on an island: independent introductions have different potentials for invasion. *Conserv Genet* (2015) 16:1225–1241. DOI 10.1007/s10592-015-0734-0.
50. Moore, I., Greene, M., Lerner, D., Asher, Ch., Krohmer, R., Hess, D., Whittier, J., Mason, R. (2005). Physiological evidence for reproductive suppression in the introduced population of brown tree snakes (*Boiga irregularis*) on Guam. *Biological Conservation*. 121. DOI: 10.1016/j.biocon.2004.04.012.
51. Mortensen, H., Dupont, Y., Olesen, J. (2008). A snake in paradise: Disturbance of plant reproduction following extirpation of bird flower-visitors on Guam. *Biological Conservation*. 141. DOI: 2146-2154. 10.1016/j.biocon.2008.06.014.

52. Nafus, M., Xiong, P., Paxton, E., Yackel A. A., Goetz, S. (2021). Foraging behavior in a generalist snake (brown treesnake, *Boiga irregularis*) with implications for avian reintroduction and recovery. *Applied Animal Behaviour Science*. 243. 105450. DOI: 10.1016/j.applanim.2021.105450.
53. Oliver, P.M., Blom, M.P.K., Cogger, H.G., Fisher, R.N., Richmond, J.Q., Woinarski, J.C.Z.. (2018). Insular biogeographic origins and high phylogenetic distinctiveness for a recently depleted lizard fauna from Christmas Island, Australia. *Biol. Lett.* 14: 20170696. DOI: 10.1098/rsbl.2017.0696.
54. Ortega, Z., Mencía, A., Pérez-Mellado, V. (2016). Rapid acquisition of antipredatory responses to new predators by an insular lizard. *Behav Ecol Sociobiol* (2017) 71: 1 DOI 10.1007/s00265-016-2246-4.
55. Paolino, G., Scotti, R., Grano, M. (2019). First detection of the “flowerpot snake” *Indotyphlops braminus* (Daudin,1803) (Serpentes, Typhlopidae) in Ischia (Italy): a new possible invasive species. *Biodiversity Journal*, 2019, 10 (4): 321–324. DOI: 10.31396/Biodiv.Jour.2019.10.4.321.324.
56. Pinya, S., Tejada, S., Capó, X., Sureda, A. (2016). Invasive predator snake induces oxidative stress responses in insular amphibian species. *Science of the Total Environment* 566–567 (2016) 57–62. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2016.05.035.
57. Piquet JC, López-Darias M. (2021). Invasive snake causes massive reduction of all endemic herpetofauna on Gran Canaria. *Proc. R. Soc. B* 288: 20211939. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2021.1939>.
58. Piquet, J. C., Maestresalas, B., López-Darias, M. (2022). Coupling phenotypic changes to extinction and survival in an endemic prey community threatened by an invasive snake. *Sci Rep* 12, 18249 (2022). DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22583-5>
59. Priestnall, S. L., Santana-Hernández, K. M., Modrý, D., Rodríguez-Ponce, E. (2021). Dispersion of adeleid oocysts by vertebrates in Gran Canaria, Spain: report and literature review. *Parasitology* 148, 1588–1594. DOI: 10.1017/S0031182021001244.
60. Qualls, F., Savidge, J., Rodda, G. (2007). Reproductive Biology of the Brown Tree Snake, *Boiga irregularis* (Reptilia: Colubridae), during Colonization of Guam and Comparison with That in Their Native Range¹. *Pacific Science*. 61. 191-199. DOI: 10.2984/1534-6188(2007)61[191:RBOTBT]2.0.CO;2.

61. Quick, S. J., Reinert, H., Cuba, E. R., Odum, R. A. (2005). Recent Occurrence and Dietary Habits of *Boa constrictor* on Aruba, Dutch West Indies. *Journal of herpetology* 39(Jun 2005):304-307. DOI: 10.1670/45-04N.
62. Reinert, H. K., Leto, A. E., Tumaliuan, J. A., Jackrel, S., Lutterschmidt, W. I., Bushar, L. M., Odum. (2021). A long-term dietary assessment of invasive *Boa constrictor* on Aruba. *R. A Herpetological Conservation and Biology* 16(1):211–224 (2021).
63. Reynolds, R. G., Puente-Rolón, A. R., Reed, R. N., Revell, L. J. (2013). Genetic analysis of a novel invasion of Puerto Rico by an exotic constricting snake. *Biol Invasions* (2013) 15:953–959. DOI: 10.1007/s10530-012-0354-2.
64. Richmond, J., Wood, D., Stanford, J., Fisher, R. (2014). Testing for multiple invasion routes and source populations for the invasive brown treesnake (*Boiga irregularis*) on Guam: implications for pest management. *Biol Invasions*. 17. 1-13. 10.1007/s10530-014-0733-y.
65. Rodda, G., Farley, J., Bischof, R., Reed, R. (2007). New developments in snake barrier technology: fly-ash covered wall offers a feasible alternative for permanent barriers to Brown Treesnakes (*Boiga irregularis*). *Herpetological Conservation and Biology*. 2.
66. Rödder, D., Lötters, S. (2010). Potential Distribution of the Alien Invasive Brown Tree Snake, *Boiga irregularis* (Reptilia: Colubridae). *Pacific Science*. 64. 11-22. DOI: 10.2984/64.1.011.
67. Romero-Nájera, I., Cuarón, A. D., González-Baca, C. (2006). Distribution, abundance, and habitat use of introduced *Boa constrictor* threatening the native biota of Cozumel Island, Mexico. *Biodivers Conservation*. *Biodiversity and Conservation* 16:1183-1195. DOI: 10.1007/s10531-006-9101-2.
68. Ruiz-Sueiro, L., Feriche, M., Montes, E., Alaminos, E., Pleguezuelos, J. M. (2019). Reproduction ecology of the recently invasive snake *Hemorrhois hippocrepis* on the island of Ibiza. *Current Zoology*, Volume 66, Issue 4, August 2020, Pages 363–371, DOI: <https://doi.org/10.1093/cz/zoz059>.
69. Santana-Hernández K. M., Javorská K., Rodríguez-Ponce E., Fecková B., Šlapeta J., Modrý D. (2022). *Sarcocystis* sp. infection (Apicomplexa: Sarcocystidae) in invasive California kingsnake *Lampropeltis californiae* (Serpentes: Colubridae) in Gran Canaria. *Parasitology* 1–6. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0031182022000841>.
70. Santana-Hernández K. M., Orós J., Priestnall S. L., Monzón-Argüello C., Rodríguez-Ponce E. (2021). Parasitological findings in the invasive California kingsnake

- (*Lampropeltis californiae*) in Gran Canaria, Spain. *Parasitology* 148, 1345–1352. DOI: [https://doi.org/ 10.1017/S0031182021000871](https://doi.org/10.1017/S0031182021000871).
71. Savarie, P., Shivik, J., White, G., Hurley, J., Clark, L. (2001). Use of Acetaminophen for Large-Scale Control of Brown Treesnakes. *Journal of Wildlife Management*. DOI: 10.2307/3802916.
 72. Savidge, J. A., Rodda, Gordon. (2007). Biology and Impacts of Pacific Island Invasive Species. 2. *Boiga irregularis*, the Brown Tree Snake (Reptilia: Colubridae)1. *Pacific Science*. 61. 307-324. DOI: 10.2984/1534-6188(2007)61[307:BAIOPI]2.0.CO;2.
 73. Savidge, J., Stanford, J., Reed, R., Haddock, G., Yackel A. A. (2011). Canine detection of free-ranging brown treesnakes on Guam. *New Zealand Journal of Ecology*. 35. 174-181.
 74. Siers, S., Savidge, J., Reed, R. (2017). Ontogenetic and ecological variation in invasion risk of Brown Treesnakes (*Boiga irregularis*) on Guam. *Management of Biological Invasions*. 8. 469-483. DOI: 10.3391/mbi.2017.8.4.02.
 75. Silva-Rocha, I. (2012). Patterns of biological invasion in the herpetofauna of the Balearic Islands: Determining the origin and predicting the expansion as conservation tools. *Mestrado em Biodiversidade, Genética e Evolução*. Universidade do Porto Faculdade de Ciências Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos.
 76. Silva-Rocha, I., Montes, E., Salvi, I., Sillero, N., Matelo, J. A., Ayllón, E., Pleguezuelos, J. M., Carreto, M. A. (2018). Herpetological History of the Balearic Islands: When Aliens Conquered These Islands and What to Do Next. DOI: 10.1007/978-3-319-74986-0_5.
 77. Silva-Rocha, I., Salvi, D., Sillero, N., Mateo, J. A., Carreto, M. A. (2015). Snakes on the Balearic Islands: An Invasion Tale with Implications for Native Biodiversity Conservation. *PLoS ONE* 10(4): e0121026. DOI:10.1371/journal.pone.0121026.
 78. Smith, L. A. (1988). *Lycodon aulicus capucinus* a colubrid snake introduced to Christmas Island, Indian Ocean. *Rec. West. Aust. Mus.* 1988,14(2): 251-252.
 79. Smith, M., Cogger, H.G., Tiernan, B., Maple, D., Boland, C.R., Napier, F., Detto, T., & Smith, P. (2012). An oceanic island reptile community under threat: the decline of reptiles on Christmas Island, Indian Ocean. *Herpetological Conservation and Biology*, 7, 206-218.

80. Soto, I., Cuthbert, R., Kouba, A., Capinha, C., Turbelin, A., Hudgins, E., Diagne, Ch., Courchamp, F., Haubrock, P. (2021). Global economic costs of herpetofauna invasions. DOI: 10.21203/rs.3.rs-964112/v1.
81. Suárez-Atilano, M., Cuarón, A. D., Vázquez-Domínguez, E. (2019). Deciphering Geographical Affinity and Reconstructing Invasion Scenarios of *Boa imperator* on the Caribbean Island of Cozumel. *Copeia* 107, No. 4, 2019, 606–621. DOI: 10.1643/CG-18-102.
82. Vázquez-Domínguez, E., Suárez-Atilano, Booth, W., González-Baca, C., Cuarón, A. D. (2012). Genetic evidence of a recent successful colonization of introduced species on islands: *Boa constrictor imperator* on Cozumel Island. *Biological Invasions* 14(10):2101-2116. DOI:10.1007/s10530-012-0217-x.
83. Veitch, C. R., Clout, M. N. (2002). Turning the Tide: The Eradication of Invasive Species. Proceedings of the International Conference On Eradication of Island Invasives. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 27. In Practical concerns in the eradication of island snakes.(Rodda, G., Fritts, T., Iii, E., Bradley, K., Perry, G., Qualls, C.).
84. Warren, D. L., Piquet, J. C., Saavedra Bolaños, J. F., et al (2021) Could climate change benefit invasive snakes?Modelling the potential distribution of the California Kingsnake in the Canary Islands. *J EnvironManage* 294:112917. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112917.
85. Wiles, G., Bart, J., Jr, R., Aguon, C. (2003). Impacts of the brown tree snake: patterns of decline and species persistence in Guam's avifauna. *Conservation Biology*. 17. 1350 - 1360. DOI: 10.1046/j.1523-1739.2003.01526.x.
86. Wiseman, K., Greene, H., Koo, M., Long, D. (2019). Feeding ecology of a generalist predator, the California Kingsnake (*Lampropeltis californiae*): why rare prey matter. *Herpetological Conservation and Biology*. 14. 1-30.

Literatura

1. Jeschke, J., Heger, T. (2018). Invasion Biology Hypotheses and Evidence. In *Invasion Biology: Searching for Predictions and Prevention, and Avoiding Lost Causes* (Cassey, P.,García-Díaz, P.Lockwood, J. L., Blackburn, T. M.). © CAB International [2018]. ISBN-13: 978 1 78064 764 7.

2. Le Roux, J. (2022). The evolutionary ecology of invasive species. In A home away from home: The role of eco-evolutionary experience in establishment and invasion success. Waltham: Elsevier, [2022]. ISBN 978-0-12-818378-6.
3. Whittaker, R. J., Fernández-Palacios, J. M. (2006). Island Biogeography Ecology, evolution, and conservation. Second edition. Oxford University Press. ISBN- 0–19–856611–5.

Webové vyhledávače užité při systematickém vyhledávání studií a publikací:

- ➔ Uetz, P., Hallermann, J., Hosek, J. The Reptile Database. Zoological Museum Hamburg (new species and updates). (<https://reptile-database.reptarium.cz/>)
- ➔ Web of Science (<https://www.webofscience.com/>)
- ➔ Wikipedia (<https://en.wikipedia.org/>)
 - a) Wikipedia contributors. List of islands in the Mediterranean [Internet]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2023 Mar 29, 09:26 UTC [cited 2023 Apr 12].
(https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_islands_in_the_Mediterranean&oldid=1147179524).
 - b) Wikipedia contributors. List of Caribbean islands [Internet]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2023 Mar 26, 22:03 UTC [cited 2023 Apr 12].
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_Caribbean_islands&oldid=1146776432.)
 - c) Wikipedia contributors. List of islands in the Indian Ocean [Internet]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2023 Mar 24, 16:28 UTC [cited 2023 Apr 12].
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_islands_in_the_Indian_Ocean&oldid=1146395611.)
 - d) Wikipedia contributors. List of islands in the Pacific Ocean [Internet]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2023 Apr 2, 18:50 UTC [cited 2023 Apr 12].
https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_islands_in_the_Pacific_Ocean&oldid=1147874009.)
 - e) Wikipedia contributors. List of islands in the Atlantic Ocean [Internet]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 2023 Jan 16, 22:48 UTC [cited 2023 Apr 12].

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=List_of_islands_in_the_Atlantic_Ocean&oldid=1134080203.)