

Univerzita Karlova
Přírodovědecká fakulta
Ústav pro životní prostředí

Studijní program: Ekologie a ochrana prostředí

Studijní obor: Ochrana životního prostředí



Barbora Schmiedlová

Zdroje a příčiny šíření nově zavlečených rostlinných druhů

Sources and causes of spread of newly introduced plant species

Bakalářská práce

Vedoucí práce: prof. RNDr. Zuzana Münzbergová, Ph.D.

Praha, 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci zpracovala samostatně s použitím literatury, jejíž seznam je uveden na konci práce. Tištěná verze bakalářské práce je shodná s elektronickou verzí vloženou v SIS. Tato práce nebyla použita k získání stejného nebo jiného akademického titulu. Souhlasím s tím, aby práce byla použita a zpřístupněna pro studijní a výzkumné účely.

V Praze dne:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucí předložené bakalářské práce prof. RNDr. Zuzaně Münzbergové, Ph.D. za cenné rady, odborné vedení a čas věnovaný této práci. Poděkování patří také mé rodině, za jejich podporu a trpělivost.

Abstrakt

Bakalářská práce je psaná formou literární rešerše a zabývá se faktory, které mají vliv na aktuální globální šíření rostlin do nových oblastí, a jejich případnou invazností v nových oblastech. Cílem je ověřit hypotézu, že jednou z hlavních příčin šíření nových rostlinných druhů (posledních cca 50 let) do nových oblastí by mohla být klimatická změna. V úvodní části práce jsou vysvětleny a přiblíženy základní pojmy (původní versus nepůvodní druh, invazní druh, přechodně zavlečený druh atd.) a uvedeny hlavní faktory, které mají vliv na globální šíření nepůvodních rostlinných druhů. Následuje popis problematiky současných globálních změn, se zaměřením na především klimatickou změnu a na to jaký může mít dopad na šíření rostlinných druhů. Poslední část práce se zaměřuje na nově zavlečené nepůvodní rostlinné druhy a na faktory nejvíce ovlivňující jejich globální šíření, v porovnání s rostlinnými druhy zavlečenými před delší dobou (více než 50 let). Bylo zjištěno, že klimatická změna má vskutku významný vliv na posun areálu rozšíření nově zavlečených rostlinných druhů, a to zejména do extrémních oblastí (vyšší nadmořská výška atd.). Jako ilustrace slouží několik vybraných nepůvodních rostlinných druhů, u kterých byl pozorován posun rozsahu areálů šíření v důsledku klimatické změny. Avšak na globální šíření nově zavlečených druhů obecně, má stále nejvyšší vliv lidská činnost, a to zejména obchod a cestování.

Klíčová slova

Nepůvodní rostlinné druhy, rostlinné invaze, globální oteplování, klimatická změna

Abstract

The bachelor's thesis is written in the form of a literature review and deals with factors that affect the current global spread of plants into new areas, and their possible invasiveness in the new areas. The aim is to verify the hypothesis that one of the main causes of the spread of new plant species (the last 50 years approx.) to new areas could be climate change. The introductory part of the thesis explains the basic concepts (native versus non-native species, invasive species, temporarily introduced species, etc.) and lists the main factors that affect the global distribution of non-native plant species. The following is a description of the issue of current global change, focusing primarily on climate change and what impact it may have on the spread of plant

species. The last part of the work focuses on newly introduced non-native plant species and on the factors that influence their global distribution the most, in comparison with plant species introduced a long time ago (more than 50 years ago). It was found that climate change does have a significant impact on the shift of the area of distribution of newly introduced plant species, especially to extreme areas (higher altitude etc.). Several selected non-native plant species, in which a shift in the range of distribution due to climate change has been observed, serve as illustrations. However, on the global spread of newly introduced species in general, human activity, especially trade and travel, still has the greatest impact.

Key words

Alien plant species, plant invasion, global warming, climate change

Obsah

Úvod.....	7
1 Nepůvodní rostlinné druhy	8
1.1 Znaký nepůvodních rostlinných druhů	8
1.2 Invaznost nepůvodních rostlinných druhů.....	9
1.2.1 Podmínky pro invaznost nepůvodních rostlinných druhů.....	10
1.2.2 Vysvětlení invaznosti nepůvodních rostlinných druhů	12
1.2.3 Dopad invazí	13
1.3 Šíření nepůvodních rostlinných druhů.....	15
2 Globální změny v současnosti.....	21
2.1 Globální klimatická změna.....	22
2.1.1 Vliv globální klimatické změny na šíření rostlinných druhů	23
3 Nově zavlečené nepůvodní rostlinné druhy	25
Závěr.....	28
Seznam použité literatury	29

Úvod

V současné době se nacházíme v antropocénu, době velmi poznamenané lidskou činností. Člověk se podílí na mnoha globálních environmentálních změnách, jako je například zavlékání nepůvodních druhů nebo urychlení klimatické změny (Weller et al., 2013). Nepůvodní rostlinné druhy a jejich rozšíření jsou výsledkem lidské činnosti, avšak dále jsou ovlivňovány i dalšími faktory – například klimatickou změnou (Guo et al., 2021, Pysek et al., 2004a).

Klima hraje důležitou roli při šíření i naturalizaci rostlinných druhů. Vhodné klimatické podmínky nově osidlovaného území jsou zásadní při naturalizaci rostlinného druhu i při jeho šíření (Dullinger et al., 2017). Bylo zjištěno, že rostliny mají tendence v teplejších podmínkách, které s sebou přináší globální oteplování, kvést dříve a obecně mají větší reprodukční výkon než v chladnějších podmínkách (Fazlioglu and Wan, 2021). Vzhledem k probíhajícímu globálnímu oteplování je pravděpodobné, že tyto vhodné podmínky vzniknou i na místech s extrémními podmínkami, jako jsou například arktické oblasti nebo vrcholky vysokých hor. Již v dnešní době je možné pozorovat posun areálů rozšíření do vyšších nadmořských výšek a blíže k pólům, pravděpodobně díky lepším teplotním podmínkám vytvořenými klimatickou změnou (Walther et al., 2009).

Globální klimatická změna a její vliv na šíření nepůvodních rostlinných druhů je v poslední době stále častějším tématem. Mnoho odborníků (Bellard et al., 2018, Pysek and Richardson, 2010) varuje do budoucna před riziky spojenými s invazními nepůvodními druhy a jejich celosvětovým rozšířením (ztráty biodiverzity, degradace světových ekosystémů atd.). Je proto důležité se tímto tématem zabývat více a prozkoumat, do jaké míry má globální oteplování již v současnosti vliv na nově zavlečené rostlinné druhy.

Cílem této práce je pomocí revize vědeckých článků objasnit, co je hlavní příčinou šíření nových nepůvodních rostlinných druhů, a ověřit hypotézu, zda jednou z hlavních příčin šíření těchto druhů, a to i do extrémních oblastí, může být klimatická změna.

1 Nepůvodní rostlinné druhy

Důvodů, proč dochází ke globálnímu šíření rostlinných druhů je mnoho. Distribuce nepůvodních druhů, zapříčiněná lidskou činností, je jednou ze složek globální environmentální změny (Szymura et al., 2018). A je pravděpodobné, že do budoucna, bude mít na šíření rostlinných druhů po celém světě velmi zásadní vliv probíhající klimatická změna (Bellard et al., 2018).

Nebezpečí introdukce rostlinných druhů na nová území spočívá především v jejich možné invaznosti. Rostlinné invazní druhy mohou způsobit ztráty biodiverzity, či dokonce destrukci struktury celého původního ekosystému (Dai et al., 2021).

1.1 Znaky nepůvodních rostlinných druhů

Rostlinné druhy se dají rozdělit na původní a nepůvodní druhy. Původní rostlinné druhy jsou druhy, které na daném území vznikly během evoluce, nebo se dostaly na území přirozenou cestou (např. větrem) bez jakéhokoliv působení člověka (Pysek et al., 2004a), a tudíž by se vyskytovaly na daném území neohledně na to, zda je přítomen člověk (Crawley et al., 1996). Nepůvodní zavlečené rostlinné druhy jsou definovány jako druhy, které se na nové území dostaly z jejich původní oblasti výskytu s úmyslnou či neúmyslnou pomocí člověka, anebo přirozeně, bez pomoci člověka, ale z nepůvodního území. Nepůvodní druhy, které byly zavlečené na území střední Evropy se pak dále dělí na tzv. archeofyty (druhy zavlečené na nová území před objevením Ameriky v roce 1492, většinou se zaokrouhluje na r. 1500) a neofyty (druhy zavlečené na nová území po r. 1500). Dělení rostlinných druhů na neofyty a archeofyty platí především pro střední Evropu, ale je běžně používán i ve Velké Británii (Pysek et al., 2004b).

Nepůvodní rostlinné druhy jsou, jak již bylo řečeno, druhy, které se na nové území dostaly (také) pomocí lidské činnosti, jako je například zemědělství, lesnictví nebo zahradnictví (Pysek et al., 2004b), a často dosahují veliké hojnosti (Richardson and Pysek, 2012). Nepůvodní rostlinné druhy se na novém území stávají často dominantnějšími (Callaway and Ridenour, 2004), protože jsou lepší v mezidruhové kompetici. Bylo pozorováno, že na novém území mají zavlečené druhy tendenci růst rychleji, produkovat více semen a být celkově vitálnější než na jejich původním území (Blossey and Notzold, 1995).

1.2 Invaznost nepůvodních rostlinných druhů

Biologické invaze jsou jedny z nejvíce komplexních ekologických procesů (Herrando-Moraira et al., 2019), přispívají ke ztrátě biologické rozmanitosti, degradaci ekosystémů a poškození ekosystémových služeb po celém světě (Pysek and Richardson, 2010). Také mohou mít negativní vliv na lidské zdraví a růst ekonomiky ve státech po celém světě (Bellard et al., 2018).

K uvedení přesné definice invazních rostlin je nejdříve potřeba definovat pojmy, které s tímto termínem souvisí. Jak již bylo řečeno, rostlinné druhy se dají rozdělit na původní a nepůvodní. Nepůvodní rostlinné druhy (nebo také zavlečené) se dále dělí dle Pyška a spol. (2004a, 2012) na druhy tzv. příležitostně nepůvodní (nebo také tzv. přechodně zavlečené) a druhy tzv. naturalizované. Přechodně zavlečené druhy lze definovat jako nepůvodní druhy, které se z místa kultivace rozšířily na nové území, kde mohou nějakou dobu vzkvétat, a dokonce se i rozmnožovat, ale nakonec zde vyhynou, protože nevytváří samo nahraditelné populace a závisí na opakovaném zavlékání dalších jedinců, propagulí. Naturalizované druhy jsou definovány jako nepůvodní druhy, které jsou po dobu minimálně 10 let schopné vytvářet samo nahraditelné populace, a to bez přímého zásahu člověka – myšleno zde například opakované zavlékání nových jedinců člověkem - a to tak, že vytváří semena nebo jiné rozmnožovací orgány, které jsou schopné nezávislého růstu. Invazní rostlinné druhy jsou tedy naturalizované nepůvodní druhy rostlin, jež se vyznačují schopností vytvářet značně početné potomstvo a mají potenciál se šířit na velké vzdálenosti od mateřské rostliny a to tak, že ve výsledku kolonizují dosti rozlehlá území (Pysek et al., 2004a, Pysek et al., 2012). Mnoho invazních druhů opravdu ukazuje extrémně vysoké stupně rychlosti šíření. Nejvyšší průměrná míra šíření byla pozorována u invazní rostliny *Wedelia trilobata* (až 167 km za rok) (Richardson and Pysek, 2006).

Mezi nejvíce globálně rozšířené invazní rostlinné druhy patří v současnosti například: *Lantana camara* (nejvíce rozšířený invazní druh), *Calotropis procera*, *Eichhornia crassipes* nebo *Sonchus oleraceus* (Pysek et al., 2017). V České republice patří mezi nejnebezpečnější invazními rostlinné druhy například: *Heracleum mantegazzianum*, *Impatiens glandulifera*, *Reynoutria sp.*, *Pinus strobus* nebo *Robinia pseudacacia* (Pysek et al., 2012).

Invazní druhy je pak dále možno dělit na druhy, které škodí na novém území (mění zdejší ekosystémy, snižují biodiverzitu atd.) a druhy, jež mohou naopak zdejšímu ekosystému prospět (např. zachování a obnova ekosystému), anebo mu alespoň neublížit. Příkladem pozitivního působení nepůvodních (invazních) druhů na zdejší ekosystém může být obnova zcela

degradovaných půd v Africe díky invazním druhům borovic nebo eukalyptu, které půdu opět zúrodní (Pysek et al., 2004a). Některé nepůvodní (invazní) druhy mohou také vytvářet nová stanoviště a být zdrojem potravy pro zdejší původní druhy. Bylo zjištěno, že například v jihozápadní Americe nepůvodní keř rodu *Tamarix* poskytuje pro některé místní ptactvo, jako je *Empidonax traillii extimus* (v Americe považován za ohrožený ptačí druh), vhodnější stanoviště pro hnízdění než původní vegetace. Zavlečené nepůvodní druhy mohou také sloužit k nahrazení vyhynulých původních druhů, či k jejich obnově. Příkladem jsou nepůvodní druhy stromů, které na pustých pastvinách v Portoriku usnadňují obnovu původních druhů stromů (Schlaepfer et al., 2011).

Některé studie (Valery et al., 2013) tvrdí, že „invazní chování“ (expanzivní) rostlinných druhů se může týkat dokonce i druhů původních. Bylo zjištěno, že takovýchto druhů (původních na daném území, ale velmi rychle se zde staly dominantními) je mnoho. Jedním z nich je například *Juniperus occidentalis*, který v dnešní době zabírá až 9 milionů hektarů území USA (Valery et al., 2013). Ale i tyto původní druhy se stávají expanzivní většinou příčinou lidské činnosti. Například některé druhy trav (*Calamagrostis canescens*, *Molinia caerulea* atd.) se staly ve své domovině hojně rozšířené právě kvůli zvýšené hladině atmosférického dusíku zapříčiněného lidskou činností (Carey et al., 2012). V České republice se v některých oblastech hojně rozšířily a staly expanzivními například tyto původní druhy rostlin: *Calamagrostis epigejos*, *Urtica dioica*, *Rosa canina* nebo *Prunus spinosa* (Web1).

1.2.1 Podmínky pro invaznost nepůvodních rostlinných druhů

To, že je druh „nový“ na daném území neznamena, že bude také úspěšný v jeho kolonizaci (Walther et al., 2009). Nepůvodní druhy musí na novém území nejdříve překonat určité překážky (bariéry), které rozhodnou o úspěchu jeho invaze (Wilson et al., 2016).

Biologické invaze mohou být popsány jako série po sobě jdoucích etap (stádií) – od rozšíření druhu z původního území, po introdukci nepůvodního druhu na nové území, naturalizaci nebo usazení soběstačných populací a šíření se do dalších oblastí (Dullinger et al., 2017). Zjednodušeně se také uvádí tři základní stadia: introdukce, naturalizace a invaze (Richardson et al., 2000). K přechodu do další etapy (stadia invaze) musí druh překonat určité překážky, aby v nové oblasti byl schopen přežít, usadit se a šířit se dále (Dullinger et al., 2017). Do těchto překážek neboli bariér, patří: geografické bariéry (mezikontinentální a infrakontinentální), environmentální bariéry (abiotické a

biotické), místní (lokální – v místě introdukce) bariéry, reprodukční bariéry (zamezující trvalé vegetativní či generativní reprodukci) a bariéry bránící dalšímu rozšíření druhů (místní či regionální). Aby druh „vstoupil“ do první fáze (introdukce) musí překonat geografickou bariéru (většinou s lidskou pomocí). Mnoho druhů poté takto přežívá jako pouze, již dříve zmíněné, tzv. přechodně zavlečené druhy, které se dokážou rozmnožovat (vegetativně i generativně), ale nejsou schopné vytvoření populace, jež by posléze nevyhynula. Aby se druh mohl posunout do další fáze (naturalizace) a být schopný vytvářet po dlouhou dobu samo nahraditelné populace, aniž by byl závislý na opakovaném zavlékání člověkem jako je tomu u přechodně zavlečených druhů, musí navíc překonat environmentální bariéru, jež mu nebrání přežít, a bariéru bránící pravidelné reprodukci. V této chvíli jsou už populace natolik početné, že šance na jejich vyhnutí je velmi malá. Poslední stádium invaze, tedy šíření se z místa introdukce do dalších oblastí, je možné, pokud druh překoná dále také bariéru bránící dalšímu šíření (lokální či regionální) a bariéry environmentální (biotické a abiotické) (Richardson et al., 2000).

Zda a jak rychle druh dokáže bariéry překonat závisí na řadě interagujících faktorů, jako jsou například: lidská činnost usnadňující a urychlující zavlečení nových druhů, fyzikální podmínky nově osídlené oblasti nebo biotické vlastnosti samotného útočníka (nepůvodní druh) i napadených (kolonizovaných) společenstev. Tlak propagulí (množství a rychlost šíření propagulí nepůvodních druhů), který je u invazních druhů vysoký (Richardson and Pysek, 2006), je jedním z faktorů, jež ovlivňují celkový výsledek invaze (Geron et al., 2021). Větší produkce semen (např. i rychlejší růst) nepůvodních druhů má za následek mnohem vyšší hustotu druhů na novém území, než tomu bylo na jejich území původním. Příkladem je rostlina *Centaurea diffusa*. Tento druh se přirozeně vyskytuje napříč Evropou a Asií, odkud se rozšířil na západ Severní Ameriky. *Centaurea diffusa* přirozeně vytváří po zemědělské disturbanci početné populace, které jsou ale stále relativně malé a méně dominantní ve srovnání s populacemi na novém území v Severní Americe, kde se tato rostlina stala invazní (Callaway and Ridenour, 2004).

V důsledku těchto po sobě jdoucích faktorů, kvůli kterým fungují jednotlivé bariéry jako filtry, má počet druhů, od první etapy invaze až po poslední, tendenci klesat. Nejméně druhů, a tedy druhů, jež jsou opravdu schopné kolonizace, je v poslední etapě (Dullinger et al., 2017). Z toho vyplývá, že pouze malé množství zavlečených nepůvodních druhů se stane invazními a může výrazně ovlivnit původní biotu (Geron et al., 2021). Vysvětlení, proč se ve výsledku stane pouze malý podíl z původního počtu zavlečených druhů invazní poskytuje například tzv. pravidlo desetiny (*Tens rule*). Toto pravidlo popisuje kvantitativní odhad podílu zavlečených druhů, jež se stanou škůdci tím, že dosáhnou určitých stádií invaze. Předpovídá, že 10 % zavlečených druhů unikne a stane se přechodně zavlečenými, 10 % z nich se stane naturalizovanými a z nich se dále 10 % stane

(invazními) škůdci (Richardson and Pysek, 2006). Toto pravidlo se dá také interpretovat takto: 1 z 10 zavlečených druhů se v přírodě „usadí“ 1 z 10 těchto „usazených“ druhů se naturalizuje a 1 z 10 těchto naturalizovaných druhů se pak stane invazním (Williamson and Fitter, 1996). Pravidlo desetiny lze uplatnit například u krytosemenných a u některých nahosemenných (*Pinaceae*) rostlin vyskytujících se ve Velké Británii nebo u rostlinných druhů vyskytujících se na pastvinách v Austrálii. Existují však i určité výjimky, kdy toto pravidlo použít nelze (např. u britských zemědělských rostlin) (Boudouresque and Verlaque, 2002).

1.2.2 Vysvětlení invaznosti nepůvodních rostlinných druhů

K vysvětlení invaznosti rostlinných druhů vznikala řada teorií a hypotéz. Jednou z nejznámějších je Darwinova naturalizační hypotéza (*Darwin's Naturalization Hypothesis*). Darwinova naturalizační hypotéza porovnává schopnost invaznosti nepůvodních druhů v oblasti s výskytem jim příbuzných druhů, se kterými dříve obývaly stejné území (kongeneři), s oblastí, kde je těchto druhů málo. Tato hypotéza říká, že snazší bude pro nepůvodní druhy kolonizovat právě tu oblast, kde bude méně kongenerů (Richardson and Pysek, 2006), z důvodu snížené kompetice s jejich příbuznými původními druhy (kongenery) a menšího tlaku původních patogenů a herbivorů na zavlečené druhy (Daehler, 2001). S Darwinovou naturalizační hypotézou však někteří autoři nesouhlasí. Například studie na Novém Zélandu ukázaly, že zavlečené druhy, které zde mají své kongenery (původní druhy na Novém Zélandu, ale příbuzné zavlečeným druhům), byly při kolonizaci území více úspěšné než ty zavlečené druhy, které zde své kongenery neměly. Autoři této studie uvádí jako vysvětlení společné znaky, které zavlečené druhy sdílí se svými kongenery. Tyto společné pre-adaptační znaky poskytují nově zavlečeným druhům výhodu, jelikož jim umožňují se snáze přizpůsobit novým podmínkám (Duncan and Williams, 2002). Jako další příčiny kolize s Darwinovou naturalizační hypotézou jsou uváděny také rozdílné podmínky na kontinentech a na ostrovech. Bylo zjištěno, že pro některé rostlinné čeledi v Kalifornii a Austrálii Darwinova naturalizační hypotéza platí, avšak pro rostlinné druhy na Havajských ostrovech nebo na již zmíněném Novém Zélandu se tato hypotéza neuplatňuje (Daehler, 2001).

Hypotéza tzv. přirozených nepřátel (*Enemy Release Hypothesis*) přisuzuje úspěch exotických rostlin faktu, že během introdukce je rostlina osvobozena od svých specializovaných patogenů a

herbivorů. To jim dává výhodu před původními druhy, které zde mají své specializované nepřátele (Callaway and Ridenour, 2004, Keane and Crawley, 2002).

Hypotéza EICA neboli hypotéza evoluce zvýšené kompetiční schopnosti (*Evolution of Increased Competitive Ability*, EICA) argumentuje, že u nepůvodních druhů, dlouho osvobozených od svých přirozených nepřátel, postupně vymizí obranné mechanismy, které je chránily před jejich původními přirozenými nepřáteli. Tyto mechanismy jsou pak nahrazeny jinými, jež jim mohou poskytnout vyšší konkurenceschopnost (např. více semen nebo větší vzrůst) (Callaway and Ridenour, 2004, Blossey and Notzold, 1995). K vysvětlení častějšího úspěchu nepůvodních druhů (větší dominance) při kompetici s druhy původními vznikla také hypotéza tzv. nových (biochemických) zbraní (*Novel Weapons Hypothesis*). Ta se zabývá tzv. novými zbraněmi (*novel weapons*), které chrání nepůvodní druhy v nových oblastech, kam se rozšířily. Tyto biochemické látky (zbraně) jsou vysoce inhibiční (alelopatické) vůči původním (na okupovaném území) půdním mikrobům nebo dokonce celým rostlinám, ale ne vůči původním sousedům zavlečených druhů – ty si za tu dobu, kdy tyto rostliny rostly ve vzájemné blízkosti, stihly vytvořit obranné látky a jsou tak vůči těmto zbraním imunní. Druhy původní na novém území se však s těmito alelopatickými látkami setkávají poprvé a než se také přizpůsobí, mohou těmto biochemickým zbraním podlehnout. Tyto nové zbraně mohou tedy změnit půdní biotu na okupovaném území v jejich prospěch, ale v neprospěch pro původní druhy (Callaway and Ridenour, 2004), anebo dokonce přímo způsobit odpuzování původních druhů (Lind and Parker, 2010). S novými a lepšími obrannými mechanismy může být nepůvodní rostlina ve výhodě oproti rostlině původní. Je pravděpodobné, že tyto nové (biochemické) zbraně, se kterými se původní druhy nikdy nesetkaly, mohou hrát roli v procesu invaznosti exotických rostlinných druhů na úkor druhů původních (Callaway and Ridenour, 2004).

1.2.3 Dopad invazí

Biologické invaze jsou jednou z hlavních příčin degradace ekosystémů a mají vliv na celosvětový úbytek biodiverzity (Pysek and Richardson, 2010). Bellard a spol. (2018) uvádí, že téměř 60 % vyhynulých druhů za poslední století, je spojováno s biologickými invazemi. Invaze také ovlivňují genetické složení původních populací, chování původních živočichů, mění fylogenetickou rozmanitost mezi společenstvy a upravují trofické sítě (Pysek et al., 2020). Pouze pár míst na Zemi je nedotknuto zavlečenými druhy a neustále se zvyšuje počet biomů, habitatů a ekosystémů, ve

kterých dnes zavlečené druhy dominují (Pysek and Richardson, 2010). Invazí zavlečených druhů jsou nejvíce ohrožené odlehlé a izolované oblasti, jako ostrovy (např. Havajské ostrovy) nebo ekologicky odlišné oblasti od jiných oblastí podobného typu klimatu (např. keřovitá vegetace *fynbos* v nejjihnější části Afriky v oblasti středomořského typu klimatu) (Thomas and Palmer, 2015, Rundel et al., 2014). Příkladem extrémního negativního dopadu invazních druhů na ekosystémy je tzv. invazní kolaps (*Invasional meltdown*). Invazní kolaps je způsoben intenzivní kompeticí mezi invazními nepůvodními druhy a druhy původními (Rai and Singh, 2020). Hypotéza o invazním kolapsu říká, že výskyt nepůvodních druhů na kolonizovaném území usnadňuje invazi dalších nepůvodních druhů a může tak mnohonásobně zvětšovat účinky kolonizátorů na zdejší ekosystém (Richardson and Pysek, 2006). Tuto hypotézu podporují například autoři (Collins et al., 2020), kteří se ve své studii zabývali invazností druhů v lesích severovýchodní USA. Zjistili, že během 4-5 let na studovaných místech (pozemcích) s vyšší počáteční druhovou bohatostí nepůvodních druhů počet zavlečených invazních druhů stromů opravdu narostl více než na pozemcích s nižší počáteční druhovou bohatostí.

Invaznost druhů neohrožuje pouze biologickou rozmanitost, ale také lidské zdraví a potřeby. Služby ekosystému pro lidské potřeby se dají rozdělit do 4 hlavních kategorií: podporující služby (tj. hlavní ekosystémové zdroje a energetické cykly), zajišťující služby (tj. výroba zboží), regulující služby (tj. údržba ekosystémových procesů) a služby kulturní (tj. nemateriální výhody). Invazní druhy ovlivňují širokou škálu ekosystémových služeb, které mají vliv na lidský blahobyt, včetně zajišťování potravin, regulace šíření lidských nemocí a poskytování kulturních a estetických služeb, jako je například turistika nebo rekreace (Pysek and Richardson, 2010). Také ohrožují ekonomický růst (Bellard et al., 2018), a tudíž celkové bohatství státu.

V měnícím se světě bude čím dál obtížnější vyhodnotit dopady invazních druhů a upřednostnit druhy k odstranění. S pokračující klimatickou změnou a výsledným rostoucím rozporem mezi požadavky rezidentních druhů a změněných podmínek prostředí se může stát, že některé nepůvodní druhy, které jsou dnes kontrolovány, budou nakonec dokonce přijatelnějšími pro místní ekosystém a jeho fungování než druhy původní (Walther et al., 2009). Schlaepfer a spol. (2011) tvrdí, že nepůvodní druhy by do budoucna, díky své toleranci a přizpůsobivosti se novým ekologickým podmínkám, mohly přispět k odolnosti a zachování mnohých ekosystémů. Především v oblastech, kde se kvůli environmentálním změnám (např. klimatická změna) původním druhům již nedaří, je mohou nepůvodní druhy nahradit a přispět tak k obnově ekosystému a jeho služeb (Schlaepfer et al., 2011). Mělo by se tedy zvážit, zda tyto nepůvodní druhy mají být „kontrolovány“ a potencionálně odstraňovány, protože ve výsledku budou možná pro ekosystém dokonce přínosem (Walther et al., 2009). Tuto myšlenku podporují i jiné studie.

Bylo zjištěno, že ve Velké Británii míra rozšíření nepůvodních druhů odpovídá míře rozšíření druhů původních a ve většině případů nebyl prokázán přímý vliv nepůvodních druhů na extinkci druhů původních. Naopak, bylo zjištěno, že s přibývajícím počtem druhů nepůvodních přibývá i druhů původních. Autoři této studie (Thomas and Palmer, 2015) tvrdí, že negativní dopad nepůvodních druhů na místní biodiverzitu je příliš zveličovaný a usuzují, že tato nadsázka se netýká pouze Velké Británie, ale i jiných zemí světa.

1.3 Šíření nepůvodních rostlinných druhů

Šíření nepůvodních rostlinných druhů z jejich původního areálu výskytu na nová území může probíhat pomocí lidské činnosti (např. obchod) anebo bez pomoci (např. větrem, s pomocí živočichů), ale z oblastí, kde se druh původně nenacházel (byl sem zavlečen člověkem) (Pysek et al., 2004b). Je proto logické, že různé biomy či habitaty na světě budou zasaženy invazí nepůvodních rostlinných druhů v různé míře. Obecně platí, že oblasti s mírným klimatem jsou bohatší na invazní druhy než oblasti s tropickým klimatem. Více invazních druhů nalezneme také na ostrovech než na pevnině a stejně tak více v Novém světě (Amerika) než ve Starém světě (Evropa, Asie a Afrika) (historický vliv) (Chytrý et al., 2008). Na ostrovech má nejdůležitější vliv na míru invaze naturalizovanými nepůvodními druhy jeho vzdálenost od nejbližší pevniny (izolovanost ostrova) (Pysek et al., 2017). Avšak Guo (2014) tvrdí, že míra invaze nepůvodních druhů na jednotlivých ostrovech je velmi závislá také na tom, do jaké taxonomické skupiny druh patří a s tím spojené různé způsoby zavlečení a šíření. Míra invaze se bude též lišit u různých skupin ostrovů (typ, lokace), kvůli různé intenzitě dopadu lidské činnosti (Guo, 2014). Na pevnině míru invaznosti nepůvodních druhů ovlivňují nejvíce tyto faktory: různé klimatické režimy v zonobiomech nebo socioekonomické faktory (reprezentováno hodnotou GDP – hrubým domácím produktem). Také bylo zjištěno, že nepůvodní dřeviny opravdu převládají na ostrovech, avšak nepůvodní jednoleté byliny (a jejich naturalizace) jsou častější na pevnině než na ostrovech (Pysek et al., 2017). Dále pak obecně platí, že oblasti s větším množstvím původních rostlinných druhů jsou více zasažené invazí nepůvodních rostlinných druhů než oblasti s menším množstvím původních rostlinných druhů (Chytrý et al., 2008). To je vysvětleno tím, že ve velkém měřítku mají vhodné abiotické podmínky pozitivní vliv jak na původní druhy, tak na druhy nepůvodní (společné abiotické podmínky v jedné oblasti, např. klima, půda atd.) (podrobněji vysvětleno dále) (Richardson and Pysek, 2006).

Biologické invaze jsou tedy výsledkem lidské činnosti (Pysek et al., 2004a) (zavlečení druhů a změny habitatů), které jsou nadále modulovány přirozenými faktory (např. geografické bariéry, podmínky prostředí) (Guo et al., 2021). Bohatost nepůvodních druhů na daném území (míra zasažení dané oblasti zavlečenými druhy) proto závisí na mnoha faktorech. Pyšek a spol. (2010) uvádí 4 základní řídicí faktory šíření druhů: biogeografické, klimatické, ekonomické a demografické faktory. Na rozdíl od biogeografických a klimatických faktorů jsou faktory ekonomické a demografické poměrně snadno rozpoznatelné (v ohledu na to, jaký mají vliv na míru zavlékání nepůvodních rostlinných druhů a jejich případnou invaznost), protože odráží intenzitu lidské činnosti. Například ve vyspělých a bohatých zemích (ekonomický faktor), které mají vysokou hustotu populace i komunikačních sítí – například silnic (demografický faktor) bude vyšší pravděpodobnost intenzivního zavlékání druhů než u zemí chudších, s málo početným obyvatelstvem (Pysek et al., 2010). To potvrzuje studie (Rai and Singh, 2020), která tvrdí, že v bohatších zemích je až 30x více invazních druhů než v chudších zemích. Ekonomické a demografické faktory navíc také sjednocují vliv faktorů, které přímo určují výsledek invazí (faktor tlaku propagulí, způsobu zavlečení, eutrofizace a faktor intenzity antropogenní disturbance) (Pysek et al., 2010) a jejich určení při hledání příčin invaznosti druhů je proto velmi zásadní.

Hlavní řídicí faktory šíření druhů se také dají dále rozdělit dle velikosti měřítka na: klima (kontinentální až regionální měřítko), dostupnost zdrojů, heterogenita a struktura krajiny (menší měřítko – regiony s podobným klima), a typ habitatu (nejmenší měřítko – méně než 1000 m) (Szymura et al., 2018). Velikost měřítka může mít významný vliv na výsledek působení některých faktorů. Například Eltonova hypotéza biotické odolnosti (*Biotic Resistance Hypothesis*), která vychází z negativního vztahu mezi rozmanitostí původních druhů a invazibilitou komunity (tedy čím větší bohatství druhů původních, tím menší bohatství druhů invazních, zavlečených), se týká zásadně měřítka malého. U malého měřítka (na úrovni společenstev) hrají roli především kompetiční vztahy a vnitrodruhové interakce, a ty pak určují výsledek invaze. U málo rozmanitých společenstev (na původní druhy) jsou tedy vnitrodruhové interakce slabší, protože je k dispozici více volných (prázdných) ekologických nik, a je zde také více volných zdrojů, což činí pro nepůvodní druhy invazi snazší. Naopak u velkého měřítka hrají nejdůležitější roli abiotické podmínky (klima, substrát, heterogenita habitatu atd.), které podporují vysokou rozmanitost jak původních druhů, tak i rozmanitost nepůvodních druhů (mají stejné abiotické podmínky). Ve velkém měřítku proto platí pozitivní vztah mezi rozmanitostí původních druhů a invazibilitou komunity (Richardson and Pysek, 2006), a z toho důvodu, jak již bylo zmíněno, obecně (na světě) platí, že oblasti bohatší na původní druhy jsou více náchylné invazím, než oblasti chudší na

původní druhy (Chytrý et al., 2008). Velikost měřítka má také vliv na rozsah areálu rozšíření nepůvodních rostlinných druhů. Bylo zjištěno, že podle velikosti měřítka může dojít vlivem klimatické změny ke zvětšení areálu rozšíření druhů, anebo naopak k jeho zmenšení. Studie (Bellard et al., 2018) ukázaly, že rozsah oblasti rozšíření rostlinných druhů má tendence se ve velkém měřítku vlivem klimatické změny zmenšovat. To platí především pro Evropu a Austrálii. Vzhledem k současnému trendu posouvání rozsahu areálu území směrem k pólům, se ukázalo, že nepůvodní druhy na těchto kontinentech nemohou sami (bez pomoci člověka, tedy např. větrem) směrem k pólům překonat bariéru oceánů a moří, a jejich oblast rozšíření je proto omezená (menší). Naopak v menších měřítkách, kde se kromě klimatu uplatňují i jiné faktory (interakce s jinými organismy, půda, využití krajiny atd.), se má rozsah areálu rozšíření s pokračující změnou klimatu tendenci zvětšovat (Bellard et al., 2018).

Člověk hraje při šíření druhů významnou roli. Ovlivňuje šíření nepůvodních druhů přímo – zavléká nové druhy na nová území a mění míru tlaku propagulí, i nepřímo – například mění charakter původního habitatu (tyto změny habitatu typicky způsobují vyšší diverzitu invazních druhů) (Szymura et al., 2018). Také se podílí na urychlování některých přirozených procesů, jako jsou například klimatická změna (Rehman, 2010) či eutrofizace (tedy antropogenní eutrofizace) (Uddin and Robinson, 2018), které mohou mít také vliv na šíření (a úspěch kolonizace) rostlinných druhů. Lidská činnost (komerce, transport, rychlejší klimatická změna atd.) tak způsobuje zavlečení druhů i do oblastí, kam by se původně (bez lidské pomoci) nedostaly (Rai and Singh, 2020), a to překonáváním biogeografických bariér pomocí člověka (van Kleunen et al., 2015), jako jsou například sladkovodní a mořské ekosystémy nebo pohoří, a dokonce i nehostinné klimatické oblasti (Rai and Singh, 2020).

Záměrné pěstování okrasných druhů rostlin je jedním z nečastějších způsobů šíření rostlinných druhů člověkem. Například v Evropě najdeme největší množství nepůvodních rostlinných druhů právě v zahradách (veřejných i domácích) (Szymura et al., 2018). Kromě zahradničení a estetického dojmu se také rostliny vysazují i za jinými účely, například s využitím ve farmaceutickém průmyslu (např. *Prosopis sp.* v jižní Africe) (Rai and Singh, 2020). Výsledkem je pak výskyt nepůvodních rostlinných druhů primárně v centrech měst, kam se dostanou právě například úmyslným pěstováním do zahrad, a teprve potom se šíří dále do okolních oblastí (Szymura et al., 2018). Navíc většina neofytů ve střední Evropě pochází z teplejších oblastí, takže je pro tyto nepůvodní druhy snazší se přizpůsobit městským podmínkám, které nabízí vyšší teploty a menší množství závlahy. Neofyty jsou pak ve výhodě při kompetici s původními místními druhy, pro které jsou tyto podmínky (městského suššího a teplejšího klima) spíše méně výhodné (jsou

zvyklé na mírné klima s více srážkami). Městská centra tak mohou být bohatší na neofyty, než předměstí a okolní zemědělské oblasti (Szymura et al., 2018), což potvrzuje, již zmíněný, obecný trend, který uvádí Kalusová a spol. (2019), že je v centrech evropských měst vyšší koncentrace (původních i nepůvodních) druhů, než je tomu u příměstských a okolních oblastí.

Invaze rostlin spojené s lidskou činností by se daly označit za účinnější (nebezpečnější) než je tomu u přirozené kolonizace (Wilson et al., 2016), na což může mít také vliv tlak propagulí. Tlak propagulí je důležitý při určení, které druhy se stanou invazní (Pysek et al., 2010). A jelikož u zavlečení nepůvodních rostlinných druhů zapříčiněných lidskou činností je míra tlaku propagulí často vyšší než u přirozené kolonizace druhů, je zde (u člověkem zapříčiněného šíření nepůvodních druhů) vyšší i riziko potenciální invaznosti nepůvodních druhů a s tím spojená rizika s vymíráním původních populací (Wilson et al., 2016).

Rozsah distribuce druhů může být ovlivněn mnoha ekologickými faktory, jako je například klima, čas od zavlečení (*residence time*), nebo faktory související s kolonizací či dominancí (konkurenční schopnost) druhů (Liao et al., 2021). Klima je jedním z hlavních faktorů, které mají vliv na šíření a bohatost druhů, jak původních, tak nepůvodních, ve velkém měřítku. S rostoucí nadmořskou výškou a zeměpisnou šířkou je klima pro bohatost nepůvodních druhů limitujícím faktorem a platí proto obecný trend (tzv. latitudinální trend), že směrem k pólům invazních druhů na kontinentech ubývá (Szymura et al., 2018) (na ostrovech nebyl trend pozorován) (Pysek et al., 2010). Čas od zavlečení (*residence time*) je spolu s faktory jako velikost počátečního množství propagulí, tlak propagulí a náhodné události důležitý pro určení, zda a kdy budou druhy obsazovat nové území. Čím delší je čas od zavlečení druhu, tím vzrůstá šance na jeho schopnost invaznosti (Richardson and Pysek, 2006). Přesný čas od zavlečení není však snadné určit a proto byl zaveden termín tzv. minimální čas od zavlečení (*minimum residence time*, MRT) (Rejmanek, 2000), který je odvozen od nejstaršího záznamu. MRT dokáže popsat nejen rozsah a frekvenci distribucí, ale také stav invaze druhů. V České republice mají přechodně zavlečené druhy podstatně kratší průměrný MRT než druhy naturalizované a invazní. V Evropě, i po několika tisíciletích, je efekt času od zavlečení na kolonizované komunity stále viditelný. Archeofyty – tedy druhy, které byly zavlečeny po začátku neolitického zemědělství (neolit neboli mladší doba kamenná) jsou mnohem více rozšířené a časté než druhy, které byly zavlečeny po nich – neofyty. Čas od zavlečení pozitivně koreluje s tlakem propagulí, čím déle bude nový druh na novém území, tím více bude mít propagulí a bude mít větší šanci na další rozptýlení, následné usazení a založení nové populace. Tlak propagulí (nebo také přísun propagulí) může ovlivnit možnost invaznosti nového území nepůvodními druhy, a to jak v prostoru (šířením na velké vzdálenosti a hojným vysazováním), tak

i v čase (dlouhou historií kultivace) (Richardson and Pysek, 2006). Příkladem může být rostlina *Ardisia elliptica*, jejíž invaznost na jižní Floridě je výsledkem vysokého tlaku propagulí (Rai and Singh, 2020).

Typ habitatu a s tím spojená dostupnost zdrojů či režim disturbancí mohou být často důležitějšími faktory, které mají vliv na bohatost nepůvodních invazních rostlinných druhů v dané oblasti, než například klima nebo tlak propagulí (Hejda et al., 2009). Třeba půdní podmínky jsou velmi důležité z hlediska určení, zda má nepůvodní druh na novém území šanci přežít nebo se zde případně stát invazním (Szymura et al., 2018). Většinou, pokud dojde ke zvýšení úrodnosti půdy, dojde ke zvýšení šance úspěchu kolonizace nepůvodními rostlinnými druhy. Například zvýšené množství dusíku v půdě pomáhá nepůvodnímu druhu trávy *Bromus tectorum* vyhrát v kompetici s místními původními druhy (Rai and Singh, 2020). Avšak i přesto, že je půda úrodná, může být pro nepůvodní druhy za určitých podmínek nevyhovující. Příkladem jsou městské půdy ve studované oblasti na území Polska (Szymura et al., 2018). Bylo zjištěno, že přestože městské půdy jsou obecně úrodné, nepůvodním druhům se zde dařilo hůře nežli v půdách na venkově. Příčinou bylo velké množství písku a suchá půda ve studované oblasti, což způsobilo rychlejší vymývání živin, jako je například dusík. Půda tak byla chudá na živiny a nepůvodní druhy zde nebyly schopné přežít (Szymura et al., 2018). To tedy koliduje s obecným trendem, který běžně platí pro Evropu, že se nepůvodním druhům daří lépe v centrech měst než v příměstských oblastech (teplejší mikroklima města, vyšší míra šíření druhů člověkem atd.). Tato kolize se ale dá vysvětlit. Každé město je složeno z různých městských habitatů, které se vyvinuly pod různými tlaky lidské činnosti (intenzita, frekventovanost a typ disturbance) (Kalusova et al., 2019) a je proto logické, že zmíněný trend nemusí platit v každém městě. Co se týče krajinného reliéfu, bylo zjištěno, že střídavý reliéf a výskyt říčních údolí zvyšuje míru bohatství neofytů. Říční údolí s půdami bohatými na živiny i závlahu obecně obsahují velké množství druhů (nejen těch nepůvodních) a jsou jednou z hlavních cest šíření druhů z měst do okolních oblastí (Szymura et al., 2018).

Mnoho invazních rostlinných druhů využívá disturbance (přirozené či antropogenní) ke snadnější kolonizaci nového území. Disturbance území, jako například požár, silný vítr či intenzivní pastva dobytka, změny strukturu prostředí (mikrohabitatu) a odstraněním původních (dominantních) druhů (např. shoří, popadají) se uvolní nová místa a zdroje pro nepůvodní druhy (Bonanomi et al., 2018). Tento jev popisuje například tzv. hypotéza kolísajících zdrojů (*The fluctuating resource hypothesis*), která říká, že zvýšené množství nevyužitých zdrojů zvyšuje náchylnost rostlinného společenstva k biologické invazi (Davis et al., 2000). U invazi zapříčiněných disturbancí hraje tedy roli nejen vysoký tlak propagulí, ale, jak vyplývá ze zmíněné hypotézy, i invazibilita původního společenstva. Konkrétně v lesních ekosystémech může vlivem disturbancí pozměněná struktura

ekosystému (např. silný vítr způsobující četné polomy a vývraty stromů) vést k náhlým změnám v prostředí, jako například ke změně mikroklimatu lesa či zdrojů živin, a být tak novým ideálním stanovištěm pro zavlečené druhy. Například v městských lesích v oblasti Středozeří silný vítr způsobil četné škody (pády stromů atd.) a tím usnadnil invazi některým heliofilním rostlinám, které byly předtím omezovaly stínem pod korunami stromů (Bonanomi et al., 2018).

Roli při úspěchu invazních rostlinných druhů může také hrát jejich původní habitat a jeho charakteristiky. Například čím větší je území, odkud druhy pochází, tím větší šance je na jejich úspěch při invazi – snadněji se rozšíří do více oblastí a přizpůsobí se tak velkému množství různých podmínek (Richardson and Pysek, 2006). U většího původního areálu výskytu je také vyšší šance na rozšíření například lidskou činností – druhy přijdou častěji do kontaktu s člověkem (Pysek et al., 2004b). Různé typy habitatů jsou též zdrojem různě velkého množství nepůvodních druhů. Konkrétně do České republiky bylo z různých částí světa (nejvíce z Asie, Severní Ameriky a Afriky) zavlečeno nejvíce neofytů z oblastí suchých travních porostů, ruderalních a antropogenních stanovišť, listnatých lesů, luk a dalších typů habitatů. Šíření nepůvodních druhů konkrétně z ruderalních a antropogenních stanovišť je do velké míry ovlivněno lidskou činností a ta také bude udávat tlak propagulí a míru šíření. Určitou roli při úspěchu a míry invaze nepůvodními druhy hraje také podobnost původního habitatu s novým. Například klima v centrální Evropě je podobné klimatu v Severní Americe. Ze zalesněných oblastí Severní Ameriky je pak míra šíření nepůvodních druhů do České republiky vyšší, než třeba z oblastí jiných (Hejda et al., 2009). Bylo také zjištěno, že druhy pocházející obecně z teplejších a sušších oblastí (kontinentální a subtropické klima) se v oceánické části Evropy rozšířily spíše do městských oblastí (městské tepelné ostrůvky – viz dále), zatímco rostlinné druhy původem z chladnějších oblastí (alpínské, kontinentální a středomořské klima) se zde rozšířily zejména do rurálních (venkovských) oblastí (okolí měst – chladnější než centra měst). Kromě podobných klimatických podmínek s původním územím, mají na bohatost nepůvodních druhů v městských oblastech vliv i jiné faktory, jako například: frekvence antropogenních disturbancí, tlak propagulí nepůvodních druhů, dostupnost holé půdy či hustota zeleně a zahrad v těchto oblastech (Geron et al., 2021).

Důležitou teorií popisující faktory významné pro rozsah území zavlečených druhů je tzv. teorie r/K selekce, ze které později vznikla známější teorie CSR (*C - competitor*, *S - stress-tolerator*, *R - ruderal strategies*). Teorie r/K selekce říká, že v přírodě jsou dvě všudypřítomné síly, které se rozhodnou pro silnou kolonizační schopnost a silnou konkurenční schopnost. Jinými slovy, druhy, které dokážou kolonizovat velká území, mohou mít menší konkurenční schopnost a naopak (Liao et al., 2021). Přidáním dalších faktorů, které ovlivňují distribuci (stres, kompetice a disturbance) Grime (1974, 1977) teorií r/K rozšířil v troj strategické schéma pro rostliny a vznikla tak tzv. teorie

CSR (C - *competitor*, S - *stress-tolerator*, R - *ruderal strategies*). C – strategie říká, že dominance (konkurenční schopnost) druhů je vyšší v habitatech se silnou biotickou rezistencí místních kompetujících druhů rostlin. S – strategie popisuje, že snazší je kolonizace v habitatech, které jsou ve stresu (neustále/někdy) z důvodu klimatických změn, limitovaných zdrojů nebo jiných abiotických stresorů. A R – strategie říká, že kolonizace je snazší díky vysoké plodnosti a dominanci (konkurenční schopnost) druhů v habitatech s častou lidskou disturbancí nebo disturbancí býložravci. Tato tzv. CSR teorie říká, že všechny druhy musí dosáhnout určitého kompromisu mezi těmito třemi strategiemi (C, S, R) a je důležité určit, který z těchto tří faktorů hraje při územním rozsahu distribuce druhů hraje nejdůležitější roli (Liao et al., 2021). Například, jak již bylo zmíněno, obecně platí, že oblasti bohatší na původní druhy jsou více invadovány nepůvodními druhy než oblasti chudší na původní druhy (Chytrý et al., 2008), což lze vysvětlit právě tzv. C-strategií. Díky silné biotické rezistenci místních (původních) druhů jsou nepůvodní druhy při kompetici s původními druhy více dominantní a snadněji dosáhnou úspěchu při invaznosti území.

2 Globální změny v současnosti

S neustále narůstající světovou populací, která dnes čítá přes 7,5 miliardy se zvyšuje také dopad globálních změn na světový ekosystém (Weller et al., 2013), které ovlivňuje svou činností především člověk (Linnenluecke and Smith, 2019). Mezi hlavní environmentální globální změny v současnosti patří: zvýšená koncentrace oxidu uhličitého a jeho vliv na probíhající klimatickou změnu, změny v biogeochemických cyklech, větší míra využívání přírodních zdrojů, změny ve fragmentaci a využívání krajiny nebo zavlékání nepůvodních druhů (Weller et al., 2013).

Vyšší koncentrace oxidu uhličitého ve světových oceánech, zapříčiněné vyššími koncentracemi tohoto skleníkového plynu v atmosféře, způsobila jejich okyselování, což má tragický dopad na například korálová společenstva, která v kyselých vodách nepřežijí. V mořských ekosystémech také dochází k narušení biochemických proudů zvyšováním koncentrací fosforu a dusíku nadměrným hnojením na pevnině (intenzivní zemědělství) a následným splachem do moří a oceánů. Kvůli nadměrnému využívání vody člověkem je v některých vodních rezervoárech nedostatek vody. Příroda byla člověkem přetvořena v umělou krajinu – v pole, silnice a obydlené oblasti. Nové entity, zanesené člověkem (radiace a jiné kontaminanty), mohou způsobit vážné

problémy, což se týká i vzniku ozonové díry, způsobené únikem chemikálií do atmosféry (Linnenluecke and Smith, 2019), nebo také zavlékání nepůvodních druhů na nová stanoviště (Weller et al., 2013). Všechny tyto environmentální změny v systémech a procesech mají významný dopad na fungování ekosystémových služeb, které poskytuje planeta Země (Linnenluecke and Smith, 2019), a existují obavy, že tyto změny globálního ekosystému jsou nevratné (Weller et al., 2013).

2.1 Globální klimatická změna

Ze současných globálních environmentálních změn, za nimiž stojí z velké míry člověk, se asi nejčastěji mluví o tzv. klimatické změně (*climate change*). Tento termín spolu s termínem globální oteplování je v dnešní době velmi populární a často užívaný, a to nejen mezi vědci. Klimatická změna je totiž úzce propojena s dalšími globálními změnami, jako je například zmíněná acidifikace oceánů nebo snížení biodiverzity (Linnenluecke and Smith, 2019), a slouží proto často jako podklad k vysvětlení některých jevů (např. šíření druhů do vyšších zeměpisných šířek).

Termíny globální oteplování a klimatická změna jsou z významového hlediska ale lehce odlišné. Globální oteplování je jev způsobený především přirozenými fenomény, ačkoliv člověk svou činností tento jev, zejména v poslední době, urychluje, a jeho výsledkem je zvyšování průměrných teplot na Zemi. Zatímco klimatická změna je jev, který je již výsledkem, v současnosti probíhajícího globálního oteplování (Yilmaz and Can, 2020).

Změny v klimatickém systému planety Země probíhají od jejího vzniku, avšak oteplení, ke kterému došlo za posledních cca 50 let je přisuzováno především lidské činnosti. Bylo zjištěno, že nárůst skleníkových plynů v atmosféře způsobil urychlení, dosud především přirozeně, probíhajícího globálního oteplování. Odhaduje se, že během posledních 100 let vzrostly průměrné teploty na Zemi o $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ (Rehman, 2010).

Růst průměrných teplot na Zemi způsobuje tání ledovců, a s tím spojený vzestup hladiny oceánů (Mostafa, 2020) a narušení oceánského termohalinního výměníku (FitzMaurice et al., 2017). Dalším důsledkem teplotních změn je například vyšší srážkovitost (Walther et al., 2009), která je způsobena urychlením hydrologického cyklu (Yilmaz and Can, 2020) a může způsobit rozsáhlé povodně (Walther et al., 2009). Velké nebezpečí také skýtá velké sucho, a s tím související častější

požáry (Linnenluecke and Smith, 2019) nebo také velké úbytky výnosů plodin (Mostafa, 2020). Dále, kvůli navyšování globálních průměrných teplot, hrozí nebezpečí výskytu silnějších a ničivějších bouří a cyklon (Linnenluecke and Smith, 2019), což může mít opět vliv, mimo jiné, například na úbytek výnosů plodin. Globální klimatická změna je také spojována se snazším šířením infekčních nemocí (Mostafa, 2020). Příkladem mohou být tropické nemoci, jež roznáší místní hmyz, který se s klimatickou změnou může dostat do oblastí, kde se původně nevyskytoval nebo nebyl schopen přežít kvůli zdejšími chladným teplotám.

2.1.1 Vliv globální klimatické změny na šíření rostlinných druhů

Mění se klima může, přímo či nepřímo, ovlivňovat také biologické invaze (Hulme, 2017). Je pravděpodobné, že klimatické změny, probíhající v posledních několika desítkách let, umožnily nepůvodním druhům se rozšířit do oblastí (vyšších zeměpisných šířek nebo nadmořských výšek), kde by původně nebyly schopné přežít a rozmnožovat se (Walther et al., 2007). To potvrzuje i Bellard a spol. (2018), který tvrdí, že do budoucna bude klimatická změna jedním z hlavních činitelů hrajících roli při šíření nepůvodních druhů.

Vhodné klimatické podmínky nově osidlovaného území jsou zásadní při naturalizaci rostlinného druhu i při jeho šíření (Dullinger et al., 2017). Pokud jsou klimatické podmínky v nové oblasti podobné těm, jako v jejich oblasti původní, zavlečené druhy mají v těchto nových podmínkách vyšší šanci na přežití. Teplota je klíčovým limitujícím faktorem pro přežití, růst a reprodukci druhů (Walther et al., 2009). Bylo zjištěno, že rostliny mají tendence v teplejších podmínkách, jež s sebou přináší globální oteplování, kvést dříve a obecně mají větší reprodukční výkon než v chladnějších podmínkách (Fazlioglu and Wan, 2021), což může také přispět k jejich úspěšné invaznosti.

Pokud dojde k zavlečení nepůvodního druhu z teplejší oblasti do oblasti chladnější, druhy si budou v těchto chladnějších oblastech hledat tzv. teplé ostrůvky (*hotspots*), kde se jim bude dařit lépe. Příkladem takovýchto teplých ostrůvků může být zastavěná oblast (města) či přímo lidská obydlí pro rostlinné druhy suchozemské. Pro vodní rostlinné druhy mohou být tepelným ostrůvkem například tepelné odpadní vody v blízkosti obydlených oblastí (Walther et al., 2009). Teplé mikroklima měst, způsobeno nižším albedem (odrazivost) a antropogenním tepelným znečištěním (topení, výfuky vozidel atd.), je pro teplomilné nepůvodní druhy velmi příznivé a usnadňuje jejich

naturalizaci v novém prostředí (Geron et al., 2021). Pokud si však druh tyto teplé ostrůvky v chladné oblasti ale nenajde, je nucen se ekologicky adaptovat. Příkladem může být mořská tropická řasa *Caulerpa taxifolia*, která si dokázala vyvinout toleranci vůči chladným teplotám v akváriích v Evropě, než byla dána do chladnějšího Středomořího moře (Walther et al., 2009). Probíhající klimatická změna by však mohla zajistit, že si nepůvodní druh nemusí hledat teplé ostrůvky, ani se chladným podmínkám nové oblasti adaptovat. Kalusová a spol. (2019) tvrdí, že změny klimatu by měly klimatické restriktce zavlečených druhů uvolnit, což by mohlo vést k vyšší početnosti nepůvodních druhů i ve vyšších polohách (Kalusova et al., 2019). Hulme (2017) potvrzuje, že klimatická změna má vliv na posun areálu rozšíření druhů. Očekává se, že rostlinné druhy, které se do teď vyskytovaly v nižších polohách se budou šířit do vyšších nadmořských výšek, a že změny klimatu tak navýší počet invazních rostlinných druhů, nejen v těchto dříve nedostupných oblastech (Kalusova et al., 2019). Jejich možná invaznost se tak může stát hrozbou pro místní biodiverzitu (Rai and Singh, 2020). Walther a spol. (2009) toto potvrzuje. Mnoho zahradních rostlin pěstovaných v rostlinných školkách v Evropě je vskutku schopno v dnešní době přežít až 1000 km severněji (blíže k pólu), než je jejich přirozená hranice rozšíření, právě díky oteplování. Vyšší teploty v zimě v poslední době umožňují některým okrasným rostlinným druhům přežít i v chladnějších, temperátních oblastech v zimním období, aniž by se museli zazimovat ve vnitřních prostorech nebo pěstovat ve sklenících. Příkladem jsou palmy, konkrétně například *Trachycarpus fortunei* (Walther et al., 2009).

U invazí ovlivněných změnou klimatu závisí výskyt nepůvodních druhů na změně místních podmínek, které mohou dopomoci k hledání nových vhodných území. Například rostlinné druhy zavlečené z teplejších oblastí do oblastí temperátních byly až do nedávna omezovaly příliš krátkou růstovou sezónou, což mělo za následek neschopnost těchto druhů se naturalizovat. Některé rostlinné druhy původem z teplejších oblastí, jako například keř *Prunus laurocerasus*, nebyly v temperátních oblastech střední Evropy schopné vytvořit plody nebo nebyly schopné úspěšné kompetice s místními druhy. Právě mírné zimy, způsobené klimatickou změnou (globálním oteplováním), změnily podmínky listnatých lesů tak, že jsou nyní vhodnější pro stálezelené listnaté druhy. V důsledku se mohou původní druhy místním podmínkám špatně přizpůsobit či se nedokážou přizpůsobit vůbec, což zvýhodní nové nepůvodní druhy, které jsou novým podmínkám lépe přizpůsobené a také více kompetitivní. Původní druhy, které mají podobné vlastnosti nepůvodním druhům a snadněji se tak dokážou přizpůsobit novým podmínkám, mohou růst společně s nepůvodními druhy a vytvářet nové tzv. namíchané komunity. Příkladem takového soužití je vznikající systém stálezelených listnatých rostlin na původním území listnatých lesů na jižním úpatí evropských Alp (Walther et al., 2009). Obecně se o tomto jevu, kdy

díky slabším obdobím mrazu a nižším teplotám v zimě v temperátních oblastech dochází ke snadnějšímu šíření stále zelených druhů rostlin (listnaté stromy a keře), mluví jako o tzv. laurofilizaci (*laurophyllisation*) a příkladem takového tzv. laurofilizovaného druhu je palma *T. fortunei* (Essl, 2019).

Jelikož jsou nepůvodní druhy obecně přizpůsobivější a tolerantnější vůči klimatickým výkyvům než druhy původní, předpokládá se, že v kompetici s původními druhy budou druhy nepůvodní v teplejších podmínkách způsobených klimatickou změnou ve výhodě (Bellard et al., 2018). Studie vskutku ukázaly, že invazní nepůvodní druhy jako je *Lantana camara* se dokázaly lépe adaptovat současné klimatické změně než původní druhy jako *Cassia tora* (Rai and Singh, 2020).

3 Nově zavlečené nepůvodní rostlinné druhy

Jak již bylo řečeno, invazní druhy jsou výsledkem lidské činnosti (Pysek et al., 2004a) (obchod, cestování, záměrné zavlékání druhů a modifikace habitatů) a v důsledku její stále narůstající intenzity se počty nepůvodních rostlinných druhů na celém světě neustále zvyšují (Seebens et al., 2021). V poslední době se mluví o navýšení míry šíření některých nepůvodních druhů rostlin (Essl, 2019), což je spojováno především se zvýšenou intenzitou obchodu a cestování, probíhající zejména od 2. poloviny 20. století (Pysek et al., 2010, Geron et al., 2021, Essl, 2019). Na jednotlivých kontinentech se míra zavlečení nepůvodními druhy liší zejména právě kvůli různé míře obchodní činnosti, hustotě lidské populace či intenzitě využívání krajiny (Essl, 2019). Například do Evropy se dostávalo nejvíce zavlečených druhů po roce 1990, během tzv. éry globalizace (Geron et al., 2021). Je pravděpodobné, že také intenzivnější a častější disturbance habitatů (v dnešní době) může navyšovat riziko většího výskytu invazních druhů a s tím související vyšší tlak invazních druhů na místní ekosystémy (Bellard et al., 2018). Například moderní intenzivní zemědělství výrazně navýšilo míru šíření nově zavlečených nepůvodních invazních rostlinných druhů (Rai and Singh, 2020). Invaze nepůvodními druhy probíhají jak v habitatech rurálních (méně ovlivněných lidskou činností), tak v habitatech městských (více ovlivněných lidskou činností). Největší množství zavlečených druhů se však vyskytuje v oblastech ovlivněných antropogenní činností (městské oblasti), což souvisí s vyšším tlakem propagulí, hustší dopravní infrastrukturou, a právě i s častější a opakovanou antropogenní disturbancí (Geron et al., 2021). Například, v oblasti Středomoří během několika posledních desetiletí výrazně stoupla míra

urbanizace, což zvýšilo fragmentaci habitatu a homogenizaci komunit, a tím tak usnadnilo mnoha nově zavlečeným rostlinným druhům kolonizovat tuto oblast (Bonanomi et al., 2018).

V poslední době lze pozorovat také vyšší míru výskytu nepůvodních druhů i v extrémních podmínkách. Obecně platí, že u vysokohorských ekosystémů je pravděpodobnost výskytu invazních druhů nižší než v nížinách, a to kvůli jejich špatné dostupnosti a drsným klimatickým podmínkám (Irl et al., 2013). V dnešní době však dochází k výraznějšímu posunu areálů rozšíření nepůvodních druhů, a to i do extrémních oblastí. Čím dál častěji je možné pozorovat šíření nepůvodních rostlinných druhů do oblastí vyšší nadmořské výšky nebo směrem k pólům. V těchto oblastech byly druhy dříve omezeny chladnou teplotou, která je zde dnes již vyšší a druhy jsou tak schopné v těchto oblastech přežít a naturalizovat se (Walther et al., 2009). Mnoho studí tento jev přisuzuje současné klimatické změně a existuje čím dál více případů nepůvodních rostlinných druhů, které toto tvrzení potvrzují.

Příkladem takovýchto rostlinných druhů, jejichž šíření do vyšších nadmořských výšek nebo šířek a přežití v těchto oblastech je přisuzováno (zejména) klimatické změně, je třeba: *Lantana camara*, *Trachycarpus fortunei* nebo *Acacia longifolia*.

Lantana camara L. (*Verbenaceae*), česky lantana nebo libora proměnlivá, známá také jako červený nebo divoký šalvěj, je nejvíce rozšířený druh rodu *Lantana* (Ghisalberti, 2000). *Lantana camara* je zároveň nejvíce rozšířeným invazním rostlinným druhem na světě (Pysek et al., 2017), a také tím nejnebezpečnějším (Goncalves et al., 2014). Původem je tento keř ze střední Ameriky, z oblasti tropů a subtropů (Ghisalberti, 2000). V oblastech tropického a subtropického klimatu po celém světě je *L. camara* také nejvíce invazní (McMahon and Ward). Nedávno byla však tato teplomilná rostlina nalezena i v některých oblastech Himalájí, což naznačuje posun jejího areálu rozšíření vlivem klimatické změny (Rai and Singh, 2020).

V posledních letech se zvyšují důkazy o tom, že se nejchladnomilnější druhy palem vyskytují za hranicemi obvyklých zeměpisných šířek (Walther et al., 2007). *Trachycarpus fortunei* (*Arecaceae*) neboli palma konopná je jednou z nejvíce kultivovaných druhů palem (Walther et al., 2007) a pochází z temperátní oblasti Asie (Fehr et al., 2020). V posledním desetiletí se *T. fortunei* rozšířila například do jižní a západní Evropy, ale teprve nedávno byly objeveny důkazy o tom, že tato palma dokáže přežít i v chladnějších podmínkách, konkrétně například ve střední Evropě, v Rakousku (Essl, 2019).

Acacia longifolia (*Fabaceae*) neboli akácie dlouholistá je invazní druh rostliny. Tato rostlina je původem z jihovýchodní Austrálie a Tasmánie. Invazní je v Africe, Spojených státech (Kalifornie), Středomoří, na Novém Zélandu a v Jižní Americe (Dinis et al., 2020). Konkrétně

v Jižní Americe se však tento teplomilný druh v poslední době šíří směrem na jih, z teplejší Brazílie (tropy) do chladnější Uruguaye (subtropické až mírné klima) (Vicente et al., 2020).

I přesto, že takovýchto druhů, které se šíří z oblastí nižších nadmořských výšek a šířek do oblastí výše položených je v poslední době stále více (Walther et al., 2009), v literatuře stále převažují články (Kalusova et al., 2019, Allen and Bradley, 2016, Olonova and Zhang, 2013) zmiňující pouze predikce o vlivu klimatické změny na šíření a posun areálů rozšíření nepůvodních rostlinných druhů. O konkrétních případech nepůvodních rostlinných druhů, u kterých již došlo k posunu areálu rozšíření vlivem současné klimatické změny stále mnoho článků sepsaných není a bylo by proto vhodné se do budoucna tímto tématem zabývat více. Tato bakalářská práce může sloužit například jako podklad pro vypracování budoucí diplomové práce zabývající se již konkrétními rostlinnými druhy, u kterých byl pozorován posun areálu rozšíření. Diplomová práce by mohla vycházet například ze srovnání interakcí původních a nepůvodních testovaných rostlinných druhů za různé teploty, simulující klimatickou změnu, a přiblížit tak, jaký dopad mohou mít do budoucna nepůvodní rostlinné druhy na původní floru a celkovou biodiverzitu s probíhajícím globálním oteplováním.

Závěr

Cílem této práce bylo objasnit hlavní příčiny šíření nově zavlečených druhů a ověřit hypotézu, zda jednou z hlavních příčin šíření těchto druhů, a to i do extrémních oblastí, může být klimatická změna.

Literární rešerší bylo skutečně zjištěno, že na posun areálů rozšíření nově zavlečených rostlinných druhů do extrémních oblastí má vliv zejména klimatická změna, která umožnila vznik vhodných podmínek pro přežití v některých dříve nehostinných oblastech. V poslední části práce jsou uvedeny příklady rostlinných druhů, které tuto hypotézu potvrzují. U těchto konkrétních příkladů byly porovnány jejich původní oblasti rozšíření, oblasti, kde byly tyto druhy zavlečeny před delší dobou a oblasti, kam se rozšířily teprve nedávno (posledních cca 50 let). A opravdu zde byl pozorován posun areálu rozšíření do vyšších nadmořských výšek či blíže k pólům.

Hlavním faktorem globálního šíření nově zavlečených druhů obecně je však zejména člověk, klimatická změna hraje ve výsledku menší roli. Vyšší míra šíření rostlinných druhů v poslední době je přisuzovaná především narůstající intenzitě lidské činnosti. Zejména obchod a cestování navýšily výrazně míru šíření těchto druhů, avšak i například rozrůstající se infrastruktura napomáhá k šíření, a především k přežití nepůvodních druhů – vytvářením tzv. *hotspots*, ve kterých mohou druhy přežít chladnější podmínky, než dojde vlivem klimatické změny k oteplení i okolních oblastí.

Hypotéza položená v úvodu, že je posun do extrémních oblastí nepůvodních druhů v poslední době možné přisuzovat klimatické změně se tedy potvrdila (i když více případů přibude asi do budoucna s pokračujícím oteplováním), avšak tvrzení, že by měla klimatická změna největší vliv na globální šíření rostlinných druhů obecně se zcela nepotvrdilo. Zde hraje stále nejvyšší roli člověk.

Seznam použité literatury

- ALLEN, J. M. & BRADLEY, B. A. 2016. Out of the weeds? Reduced plant invasion risk with climate change in the continental United States. *Biological Conservation*, 203, 306-312.
- BELLARD, C., JESCHKE, J. M., LEROY, B. & MACE, G. M. 2018. Insights from modeling studies on how climate change affects invasive alien species geography. *Ecology and Evolution*, 8, 5688-5700.
- BLOSSEY, B. & NOTZOLD, R. 1995. EVOLUTION OF INCREASED COMPETITIVE ABILITY IN INVASIVE NONINDIGENOUS PLANTS - A HYPOTHESIS. *Journal of Ecology*, 83, 887-889.
- BONANOMI, G., INCERTI, G., ABD EL-GAWAD, A. M., SARKER, T. C., STINCA, A., MOTTI, R., CESARANO, G., TEOBALDELLI, M., SAULINO, L., CONA, F., CHIRICO, G. B., MAZZOLENI, S. & SARACINO, A. 2018. Windstorm disturbance triggers multiple species invasion in an urban Mediterranean forest. *Iforest- Biogeosciences and Forestry*, 11, 64-71.
- BOUDOURESQUE, C. F. & VERLAQUE, M. 2002. Biological pollution in the Mediterranean Sea: invasive versus introduced macrophytes. *Marine Pollution Bulletin*, 44, 32-38.
- CALLAWAY, R. M. & RIDENOUR, W. M. 2004. Novel weapons: invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2, 436-443.
- CAREY, M. P., SANDERSON, B. L., BARNAS, K. A. & OLDEN, J. D. 2012. Native invaders - challenges for science, management, policy, and society. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10, 373-381.
- CHYTRY, M., MASKELL, L. C., PINO, J., PYSEK, P., VILA, M., FONT, X. & SMART, S. M. 2008. Habitat invasions by alien plants: a quantitative comparison among Mediterranean, subcontinental and oceanic regions of Europe. *Journal of Applied Ecology*, 45, 448-458.
- COLLINS, R. J., COPENHEAVER, C. A., BARNEY, J. N. & RADTKE, P. J. 2020. Using Invasional Meltdown Theory to Understand Patterns of Invasive Richness and Abundance in Forests of the Northeastern USA. *Natural Areas Journal*, 40, 336-344.
- CRAWLEY, M. J., HARVEY, P. H. & PURVIS, A. 1996. Comparative ecology of the native and alien floras of the British Isles. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences*, 351, 1251-1259.
- DAEHLER, C. C. 2001. Darwin's naturalization hypothesis revisited. *American Naturalist*, 158, 324-330.
- DAI, G. H., WANG, S., GENG, Y. P., DAWAZHAXI, OU, X. K. & ZHANG, Z. M. 2021. Potential risks of *Tithonia diversifolia* in Yunnan Province under climate change. *Ecological Research*, 36, 129-144.
- DAVIS, M. A., GRIME, J. P. & THOMPSON, K. 2000. Fluctuating resources in plant communities: a general theory of invasibility. *Journal of Ecology*, 88, 528-534.
- DINIS, M., VICENTE, J. R., DE SA, N. C., LOPEZ-NUNEZ, F. A., MARCHANTE, E. & MARCHANTE, H. 2020. Can Niche Dynamics and Distribution Modeling Predict the Success of Invasive Species Management Using Biocontrol? Insights From *Acacia longifolia* in Portugal. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 8, 13.
- DULLINGER, I., WESSELY, J., BOSSDORF, O., DAWSON, W., ESSL, F., GATTRINGER, A., KLONNER, G., KREFT, H., KUTTNER, M., MOSER, D., PERGL, J., PYSEK, P., THUILLER, W., VAN KLEUNEN, M., WEIGELT, P., WINTER, M. & DULLINGER, S. 2017. Climate change will increase the naturalization risk from garden plants in Europe. *Global Ecology and Biogeography*, 26, 43-53.

- DUNCAN, R. P. & WILLIAMS, P. A. 2002. Ecology - Darwin's naturalization hypothesis challenged. *Nature*, 417, 608-609.
- ESSL, F. 2019. First records of casual occurrences of Chinese windmill palm *Trachycarpus fortunei* (Hook.) H. Wendl. in Austria. *Bioinvasions Records*, 8, 471-477.
- FAZLIOGLU, F. & WAN, J. S. H. 2021. Warming matters: alpine plant responses to experimental warming. *Climatic Change*, 164, 17.
- FEHR, V., BUITENWERF, R. & SVENNING, J. C. 2020. Non-native palms (Arecaceae) as generators of novel ecosystems: A global assessment. *Diversity and Distributions*, 26, 1523-1538.
- FITZMAURICE, A., CENEDESE, C. & STRANEO, F. 2017. Nonlinear response of iceberg side melting to ocean currents. *Geophysical Research Letters*, 44, 5637-5644.
- GERON, C., LEMBRECHTS, J. J., BORGELT, J., LENOIR, J., HAMDI, R., MAHY, G., NIJS, I. & MONTY, A. 2021. Urban alien plants in temperate oceanic regions of Europe originate from warmer native ranges. *Biological Invasions*, 23, 1765-1779.
- GHISALBERTI, E. L. 2000. *Lantana camara* L. (Verbenaceae). *Fitoterapia*, 71, 467-486.
- GONCALVES, E., HERRERA, I., DUARTE, M., BUSTAMANTE, R. O., LAMPO, M., VELASQUEZ, G., SHARMA, G. P. & GARCIA-RANGEL, S. 2014. Global Invasion of *Lantana camara* : Has the Climatic Niche Been Conserved across Continents? *Plos One*, 9, 11.
- GRIME, J. P. 1974. VEGETATION CLASSIFICATION BY REFERENCE TO STRATEGIES. *Nature*, 250, 26-31.
- GRIME, J. P. 1977. EVIDENCE FOR EXISTENCE OF THREE PRIMARY STRATEGIES IN PLANTS AND ITS RELEVANCE TO ECOLOGICAL AND EVOLUTIONARY THEORY. *American Naturalist*, 111, 1169-1194.
- GUO, Q. F. 2014. Species invasions on islands: searching for general patterns and principles. *Landscape Ecology*, 29, 1123-1131.
- GUO, Q. F., CADE, B. S., DAWSON, W., ESSL, F., KREFT, H., PERGL, J., VAN KLEUNEN, M., WEIGELT, P., WINTER, M. & PYSEK, P. 2021. Latitudinal patterns of alien plant invasions. *Journal of Biogeography*, 48, 253-262.
- HEJDA, M., PYSEK, P., PERGL, J., SADLO, J., CHYTRY, M. & JAROSIK, V. 2009. Invasion success of alien plants: do habitat affinities in the native distribution range matter? *Global Ecology and Biogeography*, 18, 372-382.
- HERRANDO-MORAIRA, S., NUALART, N., HERRANDO-MORAIRA, A., CHUNG, M. Y., CHUNG, M. G. & LOPEZ-PUJOL, J. 2019. Climatic niche characteristics of native and invasive *Lilium lancifolium*. *Scientific Reports*, 9, 16.
- HULME, P. E. 2017. Climate change and biological invasions: evidence, expectations, and response options. *Biological Reviews*, 92, 1297-1313.
- IRL, S. D. H., JENTSCH, A. & WALTHER, G. R. 2013. *Papaver croceum* Ledeb.: a rare example of an alien species in alpine environments of the Upper Engadine, Switzerland. *Alpine Botany*, 123, 21-30.
- KALUSOVA, V., CEPLOVA, N., CHYTRY, M., DANIHELKA, J., DREVOJAN, P., FAJMON, K., HAJEK, O., KALNIKOVA, V., NOVAK, P., REHOFEK, V., TESITEL, J., TICHY, L., WIRTH, T. & LOSOSOVA, Z. 2019. Similar responses of native and alien floras in European cities to climate. *Journal of Biogeography*, 46, 1406-1418.
- KEANE, R. M. & CRAWLEY, M. J. 2002. Exotic plant invasions and the enemy release hypothesis. *Trends in Ecology & Evolution*, 17, 164-170.
- LIAO, H. X., LI, D. J., ZHOU, T., HUANG, B., ZHANG, H. J., CHEN, B. M. & PENG, S. L. 2021. The role of functional strategies in global plant distribution. *Ecography*, 44, 493-503.
- LIND, E. M. & PARKER, J. D. 2010. Novel Weapons Testing: Are Invasive Plants More Chemically Defended than Native Plants? *Plos One*, 5, 7.

- LINNENLUECKE, M. K. & SMITH, T. 2019. A Primer on Global Environmental Change. *Abacus-a Journal of Accounting Finance and Business Studies*, 55, 810-824.
- MCMAHON, K. & WARD, D. The effects of tree canopies on invasive *Lantana camara*: a follow-up study 18 years later. *African Journal of Range & Forage Science*, 5.
- MOSTAFA, M. M. 2020. Catastrophe Theory Predicts International Concern for Global Warming. *Journal of Quantitative Economics*, 18, 709-731.
- OLONOVA, M. V. & ZHANG, Y. M. 2013. Alien invasive species in Siberia: current status and problem. *Journal of Arid Land*, 5, 428-433.
- PYSEK, P., DANIHELKA, J., SADLO, J., CHRTEK, J., CHYTRY, M., JAROSIK, V., KAPLAN, Z., KRAHULEC, F., MORAVCOVA, L., PERGL, J., STAJEROVA, K. & TICHY, L. 2012. Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. *Preslia*, 84, 155-255.
- PYSEK, P., HULME, P. E., SIMBERLOFF, D., BACHER, S., BLACKBURN, T. M., CARLTON, J. T., DAWSON, W., ESSL, F., FOXCROFT, L. C., GENOVESI, P., JESCHKE, J. M., KUHN, I., LIEBHOLD, A. M., MANDRAK, N. E., MEYERSON, L. A., PAUCHARD, A., PERGL, J., ROY, H. E., SEEBENS, H., VAN KLEUNEN, M., VILA, M., WINGFIELD, M. J. & RICHARDSON, D. M. 2020. Scientists' warning on invasive alien species. *Biological Reviews*, 95, 1511-1534.
- PYSEK, P., JAROSIK, V., HULME, P. E., KUHN, I., WILD, J., ARIANOUTSOU, M., BACHER, S., CHIRON, F., DIDZIULIS, V., ESSL, F., GENOVESI, P., GHERARDI, F., HEJDA, M., KARK, S., LAMBTON, P. W., DESPREZ-LOUSTAU, M. L., NENTWIG, W., PERGL, J., POBOLSAJ, K., RABITSCH, W., ROQUES, A., ROY, D. B., SHIRLEY, S., SOLARZ, W., VILA, M. & WINTER, M. 2010. Disentangling the role of environmental and human pressures on biological invasions across Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107, 12157-12162.
- PYSEK, P., PERGL, J., ESSL, F., LENZNER, B., DAWSON, W., KREFT, H., WEIGELT, P., WINTER, M., KARTESZ, J., NISHINO, M., ANTONOVA, L. A., BARCELONA, J. F., CABEZAS, F. J., CARDENAS, D., CARDENAS-TORO, J., CASTANO, N., CHACON, E., CHATELAIN, C., DULLINGER, S., EBEL, A. L., FIGUEIREDO, E., FUENTES, N., GENOVESI, P., GROOM, Q. J., HENDERSON, L., INDERJIT, KUPRIYANOV, A., MASCIADRI, S., MAUREL, N., MEERMAN, J., MOROZOVA, O., MOSER, D., NICKRENT, D., NOWAK, P. M., PAGAD, S., PATZELT, A., PELSER, P. B., SEEBENS, H., SHU, W. S., THOMAS, J., VELAYOS, M., WEBER, E., WIERINGA, J. J., BAPTISTE, M. P. & VAN KLEUNEN, M. 2017. Naturalized alien flora of the world: species diversity, taxonomic and phylogenetic patterns, geographic distribution and global hotspots of plant invasion. *Preslia*, 89, 203-274.
- PYSEK, P. & RICHARDSON, D. M. 2010. Invasive Species, Environmental Change and Management, and Health. In: GADGIL, A. & LIVERMAN, D. M. (eds.) *Annual Review of Environment and Resources*, Vol 35. Palo Alto: Annual Reviews.
- PYSEK, P., RICHARDSON, D. M., REJMANEK, M., WEBSTER, G. L., WILLIAMSON, M. & KIRSCHNER, J. 2004a. Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. *Taxon*, 53, 131-143.
- PYSEK, P., RICHARDSON, D. M. & WILLIAMSON, M. 2004b. Predicting and explaining plant invasions through analysis of source area floras: some critical considerations. *Diversity and Distributions*, 10, 179-187.
- RAI, P. K. & SINGH, J. S. 2020. Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. *Ecological Indicators*, 111, 20.
- REHMAN, S. 2010. Temperature and rainfall variation over Dhahran, Saudi Arabia, (1970-2006). *International Journal of Climatology*, 30, 445-449.
- REJMANEK, M. 2000. Invasive plants: approaches and predictions. *Austral Ecology*, 25, 497-506.

- RICHARDSON, D. M. & PYSEK, P. 2006. Plant invasions: merging the concepts of species invasiveness and community invasibility. *Progress in Physical Geography-Earth and Environment*, 30, 409-431.
- RICHARDSON, D. M. & PYSEK, P. 2012. Naturalization of introduced plants: ecological drivers of biogeographical patterns. *New Phytologist*, 196, 383-396.
- RICHARDSON, D. M., PYSEK, P., REJMANEK, M., BARBOUR, M. G., PANETTA, F. D. & WEST, C. J. 2000. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6, 93-107.
- RUNDEL, P. W., DICKIE, I. A. & RICHARDSON, D. M. 2014. Tree invasions into treeless areas: mechanisms and ecosystem processes. *Biological Invasions*, 16, 663-675.
- SCHLAEPFER, M. A., SAX, D. F. & OLDEN, J. D. 2011. The Potential Conservation Value of Non-Native Species. *Conservation Biology*, 25, 428-437.
- SEEBENS, H., BLACKBURN, T. M., HULME, P. E., VAN KLEUNEN, M., LIEBHOLD, A. M., ORLOVA-BIENKOWSKAJA, M., PYSEK, P., SCHINDLER, S. & ESSL, F. 2021. Around the world in 500 years: Inter-regional spread of alien species over recent centuries. *Global Ecology and Biogeography*, 30, 1621-1632.
- SZYMURA, T. H., SZYMURA, M., ZAJAC, M. & ZAJAC, A. 2018. Effect of anthropogenic factors, landscape structure, land relief, soil and climate on risk of alien plant invasion at regional scale. *Science of the Total Environment*, 626, 1373-1381.
- THOMAS, C. D. & PALMER, G. 2015. Non-native plants add to the British flora without negative consequences for native diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112, 4387-4392.
- UDDIN, M. N. & ROBINSON, R. W. 2018. Can nutrient enrichment influence the invasion of *Phragmites australis*? *Science of the Total Environment*, 613, 1449-1459.
- VALERY, L., FRITZ, H. & LEFEUVRE, J. C. 2013. Another call for the end of invasion biology. *Oikos*, 122, 1143-1146.
- VAN KLEUNEN, M., DAWSON, W., ESSL, F., PERGL, J., WINTER, M., WEBER, E., KREFT, H., WEIGELT, P., KARTESZ, J., NISHINO, M., ANTONOVA, L. A., BARCELONA, J. F., CABEZAS, F. J., CARDENAS, D., CARDENAS-TORO, J., CASTANO, N., CHACON, E., CHATELAIN, C., EBEL, A. L., FIGUEIREDO, E., FUENTES, N., GROOM, Q. J., HENDERSON, L., INDERJIT, KUPRIYANOV, A., MASCIADRI, S., MEERMAN, J., MOROZOVA, O., MOSER, D., NICKRENT, D. L., PATZELT, A., PELSER, P. B., BAPTISTE, M. P., POOPATH, M., SCHULZE, M., SEEBENS, H., SHU, W. S., THOMAS, J., VELAYOS, M., WIERINGA, J. J. & PYSEK, P. 2015. Global exchange and accumulation of non-native plants. *Nature*, 525, 100-+.
- VICENTE, S., MEIRA-NETO, J., TRINDADE, H. & MAGUAS, C. 2020. The distribution of the invasive *Acacia longifolia* shows an expansion towards southern latitudes in South America. *Bioinvasions Records*, 9, 723-729.
- WALTHER, G. R., GRITTI, E. S., BERGER, S., HICKLER, T., TANG, Z. Y. & SYKES, M. T. 2007. Palms tracking climate change. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 801-809.
- WALTHER, G. R., ROQUES, A., HULME, P. E., SYKES, M. T., PYSEK, P., KUHN, I., ZOBEL, M., BACHER, S., BOTTA-DUKAT, Z., BUGMANN, H., CZUCZ, B., DAUBER, J., HICKLER, T., JAROSIK, V., KENIS, M., KLOTZ, S., MINCHIN, D., MOORA, M., NENTWIG, W., OTT, J., PANOV, V. E., REINEKING, B., ROBINET, C., SEMENCHENKO, V., SOLARZ, W., THUILLER, W., VILA, M., VOHLAND, K. & SETTELE, J. 2009. Alien species in a warmer world: risks and opportunities. *Trends in Ecology & Evolution*, 24, 686-693.
- WELLER, S. G., SUDING, K. & SAKAI, A. K. 2013. BOTANY AND A CHANGING WORLD: INTRODUCTION TO THE SPECIAL ISSUE ON GLOBAL BIOLOGICAL CHANGE. *American Journal of Botany*, 100, 1229-1233.

- WILLIAMSON, M. & FITTER, A. 1996. The varying success of invaders. *Ecology*, 77, 1661-1666.
- WILSON, J. R. U., GARCIA-DIAZ, P., CASSEY, P., RICHARDSON, D. M., PYSEK, P. & BLACKBURN, T. M. 2016. Biological invasions and natural colonisations are different - the need for invasion science. *Neobiota*, 87-98.
- YILMAZ, V. & CAN, Y. 2020. Impact of knowledge, concern and awareness about global warming and global climatic change on environmental behavior. *Environment Development and Sustainability*, 22, 6245-6260.

Seznam webových zdrojů:

- WEB1. Available: <https://www.nppodyji.cz/invazni-druhy-rostlin> [Accessed].