

Invazivni dvornici (*Reynoutria* spp.) - biologija, rasprostranjenost i mjere suzbijanja

Radaković, Sebastijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:217:758780>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-20**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMATIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

INVAZIVNI DVORNICI (*Reynoutria spp.*) – biologija,
rasprostranjenost i mjere suzbijanja

INVASIVE KNOTWEEDS (*Reynoutria spp.*) – biology, distribution
and control measures

SEMINARSKI RAD

Sebastijan Radaković
Preddiplomski studij znanosti o okolišu
(Undergraduate Study of Environmental Sciences)
Mentor: prof.dr.sc. Antun Alegro

Zagreb, 2021.

SADRŽAJ

1	UVOD	2
2	NAZIVLJE.....	3
3	OPIS INVAZIVNIH DVORNIKA.....	4
3.1	Morfologija.....	4
3.2	Razlikovanje vrsta	4
3.3	Načini rasprostranjivanja	8
4	PORIJEKLO I RASPROSTRANJENOST	10
4.1	<i>R. japonica</i>	10
4.2	<i>R. sachalinensis</i>	11
4.3	<i>R. × bohémica</i>	13
5	UTJECAJ NA OKOLIŠ.....	15
6	METODE KONTROLE I UKLANJANJA	17
6.1	Mehaničke metode.....	17
6.2	Kemijske metode	18
6.3	Biološke metode	19
7	ZAKLJUČAK	21
8	LITERATURA	23
9	SAŽETAK	29
10	SUMMARY	30

1 UVOD

Intenzivni društveni razvoj ljudske civilizacije koji se dogodio u prethodnih dvjestotinjak godina ne bi bio moguć, u tolikoj mjeri, bez direktne eksploatacije prirodnih resursa. Prilikom korištenja resursa iz okoliša nije se pridavala važnost potencijalnim štetnim učincima po prirodu a i posljedično društvo. Trenutno, problemi u okolišu koji zauzimaju najviše medijskog prostora su: deforestacija, globalno zatopljenje te smanjivanje ozonskog omotača, dok se o smanjenju bioraznolikosti malo govori. Najveći uzroci, do sad neviđenog smanjenja bioraznolikosti, putem ljudskih aktivnosti su: uništavanje staništa, prekomjerna eksploatacija resursa te rasprostiranje invazivnih vrsta diljem svijeta. Uništavanje staništa i eksploatacija resursa direktno utječu na bioraznolikost dok invazivne vrste svojim uspostavljanjem na unesenom području uzrokuju kroz niz kompleksnih mehanizama i dovode do modifikacija okoliša. Te modifikacije posljedično negativno utječu na ekonomske aktivnosti, ljudsko zdravlje te funkcije ekosustava. Proces naseljavanja i širenja invazivnih vrsta se događa i bez ljudskog utjecaja, ali u daleko manjoj mjeri, moglo bi se reći zanemarivo u odnosu na širenje uzrokovano ljudskim aktivnostima. Globalizacija i međunarodna trgovina uzrokuju ogromnu redistribuciju vrsta diljem svijeta. Putevi prijenosa mogu biti slučajni primjerice putem balastnih voda ili korištenjem kontaminiranih materijala, dok se namjerni putevi prijenosa događaju primjerice putem unosa stranih vrsta radi biološke kontrole, unosom i bijegom egzotičnih kućnih ljubimaca ili unosom stranih biljnih vrsta u hortikulturalne odnosno ukrasne svrhe. Upravo su invazivni dvornici roda *Reynoutria* preneseni iz svog prirodnog područja u Europu radi ukrasnih svrha, gdje zbog namjernog širenja putem rasadnika i botaničkih vrtova te izostanka prirodnih neprijatelja, pokazuju svoj invazivni karakter. Mada su sve vrste roda *Reynoutria* potencijalno invazivne, u ovom radu obrađene su tri najproblematičnije i najrasprostranjenije: *Reynoutria japonica* Houtt. – japanski dvornik, *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai – veliki dvornik, te njihov hibrid *Reynoutria × bohemica* Chrtek et Chrtková – češki dvornik. U radu će se prikazati početak njihovog širenja, načini širenja te trenutna rasprostranjenost u svijetu; njihov utjecaj na okoliš te predložiti metode kontrole i uklanjanja.

2 NAZIVLJE

U nastavku je popis najčešćih sinonima, uobičajenih hrvatskih te stranih naziva invazivnih dvornika preuzetih iz *Flora Croatica Database* (Nikolić, 2020) i Balogh (2008). U velikom dijelu literature dvornici se i dalje smještaju u rod *Fallopia*, no nomenklaturno ispravno je koristiti stariji sinonim, odnosno naziv roda *Reynoutria*. Nadalje u tekstu se koriste hrvatski nazivi vrsta invazivnih dvornika.

Znanstveni naziv: ***Reynoutria japonica* Houtt.**

Sinonimi: *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr., Bot. J. Linn. Soc. 98: 369 (1988), *Pleuropterus cuspidatus* (Siebold et Zucc.) H. Gross, Bot. Jahrb. Syst. 49: 249 (1913), *Polygonum cuspidatum* Siebold et Zucc., Abh. Königl. Bayer. Akad. Wiss. 4(3): 208 (1846), *Polygonum reynoutria* Makino, Bot. Mag. (Tokyo) 15: 84 (1901), *Polygonum sieboldii* Reinw. ex Vries, non Meisn., *Polygonum zuccarinii* Small, Mem. Bot. Col. Coll. 1: 158, t.66 (1895), *Tiniaria cuspidata* (Houtt.) Hedb., Svensk. Bot. Tidskr. 40:399 (1946)

Hrvatski naziv: japanski dvornik

Engleski naziv: UK: Japanese knotweed; USA: Mexican bamboo, Japanese bamboo

Znanstveni naziv: ***Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai**

Sinonimi: *Fallopia sachalinensis* (F. Schmidt) Ronse Decr., *Pleuropterus sachalinensis* (F. Schmidt) H. Gross, *Tiniaria sachalinensis* (F. Schmidt) Janch, *Polygonum sachalinense* Friedrich Schmidt Petrop.

Hrvatski naziv: veliki dvornik

Engleski naziv: UK: giant knotweed; USA: Sakhalian knotweed, elephant-ear bamboo

Znanstveni naziv: ***Reynoutria* × *bohemica* Chrtek et Chrtková**

Sinonimi: *Fallopia* × *bohemica* (Chrtek et Chrtková) J.P. Bailey, Watsonia 17(4): 443. 1989., *Polygonum* × *bohemicum* (Chrtek et Chrtková) Zika et Jacobson, Rhodora 105(922): 144. 2003.

Hrvatski naziv: češki dvornik

Engleski naziv: Bohemian knotweed, hybrid knotweed

3 OPIS INVAZIVNIH DVORNIKA

3.1 Morfologija

Invazivni dvornici su robusne zeljaste trajnice sa snažnim podzemnim podankom, te prezimljavaju kao geofiti. Veliki podzemni podanak se može širiti lateralno sedam metara i čak do dva metra dubine (Child, 1999). Podanak pohranjuje iznimnu količinu nutrijenata s kojom na proljeće stvara gusti nadzemni sklop brzorastućih stabljika. Stabljike su uspravne, izraženo člankovite i šuplje u donjem dijelu. Veće i starije stabljike se pri vrhu granaju i nose listove koji su izmjenično poredani. Listovi su široki, izduženo ovalnog oblika s cjelovitim rubom i zašiljenog vrha. Oblik i veličina listova varira ovisno o položaju na stabljici; najveći listovi se nalaze pri donjem dijelu stabljike, a prema vrhu sve manji (Balogh, 2008). Varijabilnost oblika lista najizraženija je kod češkog dvornika te će detaljnije biti opisana u nastavku. Iz pazušaca vršnih listova rastu cvatne metlice duge 8 - 12 cm, sastavljene od čuperaka s 2 - 7 kremasto bijela cvijeta. Ocvijeće je sraslo, s pet jednakih vršaka od koja su vanjska tri grebenasta. Cvijet sadrži osam prašnika i tučak s tri resaste njuške. Od srpnja do rujna obilno cvjetaju, a plod im je jednosjemeni oraščić (Nikolić, Mitić i Boršić, 2014). Biljke su funkcionalno dvodomne, cvjetovi naizgled dvospolni, no muške biljke nose cvjetove s reduciranim tučkom dok ženske biljke posjeduju cvjetove sa zakržljalim prašnicima, osim u češkog dvornika gdje se mogu pojaviti i potpuno funkcionalni dvospolni cvjetovi na muškoj biljci (Balogh, 2008).

3.2 Razlikovanje vrsta

Diljem Europe i kroz dug vremenski period, jedinice češkog dvornika su zamjenjivane za roditeljske. Pogrešna identifikacija je dovela do brojnih zabuna i pogrešnih zaključaka o invazivnosti i raširenosti vrsta. Pogrešnoj identifikaciji zasigurno doprinosi izražena fenotipska intermedijarnost češkog dvornika između fenotipa roditeljskih vrsta. Unazad 15-ak godina brojni znanstvenici vrše revizije podataka o rasprostranjenosti invazivnih dvornika te se stvara popis jasnih morfoloških karakteristika po kojima se s lakoćom može odrediti vrsta dvornika. Stoga je začuđujuće što autori recentnih radova poput Pfeiffenschneidera (2014), Martina (2019), Thiébauta i sur. (2020) i dalje navode iznimnu teškoću međusobnog razlikovanja vrsta.

U nastavku je opisno navedena karakteristična morfologija, sažeti tablični prikaz te grafički prikaz najčešćih identifikacijskih osobina.

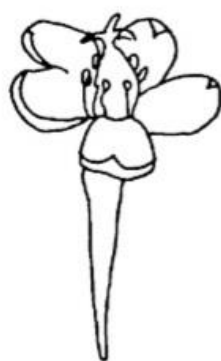
Reynoutria japonica stvara sastojine najmanje visine, rijetko prelaze dva metra visine. Listovi su kožasti na dodir, trokutastog oblika, odrezane baze i šiljastog vrha. Listovi su dužine od 5 do 15 cm (najviše 18 cm), a širine od 4 do 10 cm (najviše 13 cm). S donje strane lista, na primarnim žilama se nalaze jednostanične papile, vidljive samo uz pomoć ručne lupe. U čupercu se nalaze 2 do 4 cvijeta s prašnicima unutar ocvijeća (Balogh, 2008).

Reynoutria sachalinensis, sastojine su robusnijeg izgleda, visine od 2 do 4.5 metra. Listovi su mekani na dodir, izduženo ovalnog oblika s ušiljenim vrhom i srcolikom bazom. Listovi su dužine oko 30 cm (najviše 43 cm) te širine oko 22 cm (najviše 27 cm). Donja strana lista je na dodir dlakava, pogotovo na žilama ali i na međužilnim prostorima. Dlake tj. trihomi su građeni od 4 do 12 stanica, ukupne dužine oko 1 mm te su stoga vidljivi golim okom. Čuperci sadrže 4 do 7 cvjetova s prašnicima blago istaknutim iz ocvijeća (Balogh, 2008).

Reynoutria* × *bohemica stvara sastojine visine između 2.5 i 3.5 metra (max 4.5 m). Listovi su dužine od 10 do 23 cm (najviše 30 cm), a širine od 9 do 20 cm (najviše 22 cm). Oblik listova je široko ovalan s ušiljenim vrhom dok oblik baze ovisi o poziciji lista na stabljici. Listovi pri dnu i sredini stabljike imaju srcoliku dok oni pri vrhu odrezanu bazu. Donja strana lista je naizgled glatka. Na primarnim žilama se nalaze kratki trihomi dužine 0.5 mm, vidljivi s ručnom lupom, dok su međužilni prostori glatki. Čuperci sadrže 3 do 5 (najviše 6) cvjetova s prašnicima koji izraženo strše izvan ocvijeća (Balogh, 2008).

Tablica 1. Karakteristična morfologija invazivnih dvornika. Preuzeto i prilagođeno iz: Balogh: Japanese, giant and Bohemian knotweed (*Fallopia japonica*, *Fallopia sachalinensis* and *Fallopia × bohemica*). 2008.

	<i>R. japonica</i>	<i>R. × bohemica</i>	<i>R. sachalinensis</i>
Visina	1.5 – 2.0 (-3.0) m	2.5 – 3.5 (-4.5) m	2.5 – 3.5 (-4.5) m
Oblik lista	široko ovalni, trokutasti	široko ovalni	izduženo ovalni
Oblik baze lista	odrezana	odrezana prvi vrhu stabljike i na mladim listovima, a srcolika pri sredini stabljike	srcolika
Veličina lista	dužina: 5-15 (-18) cm širina: 4-10 (-13) cm	dužina: 10-23 (-30) cm širina: 9-20 (-22) cm	dužina: 15-35 (-43) cm širina: 10-20 (-27) cm
Tekstura lista	kožasta na dodir	intermedijarna	mekana na dodir
Dlakavost donje strane lista	međužilni prostori glatki, a na primarnim žilama se nalaze jednostanične papile, vidljive s ručnom lupom	međužilni prostori se čine glatki, a na primarnim žilama se nalaze 1-4 stanični trihomi veličine 0.5 mm	međužilni prostori su dlakavi, a na žilama se nalaze dugački 4-12 stanični trihomi, vidljivi golim okom
Broj cvjetova u čuperku	2-4	3-5 (-6)	4-7
Položaj prašnika u muškom cvijetu	unutar ocvijeća	strše izvan ocvijeća	blago istaknuti izvan ocvijeća



R. japonica

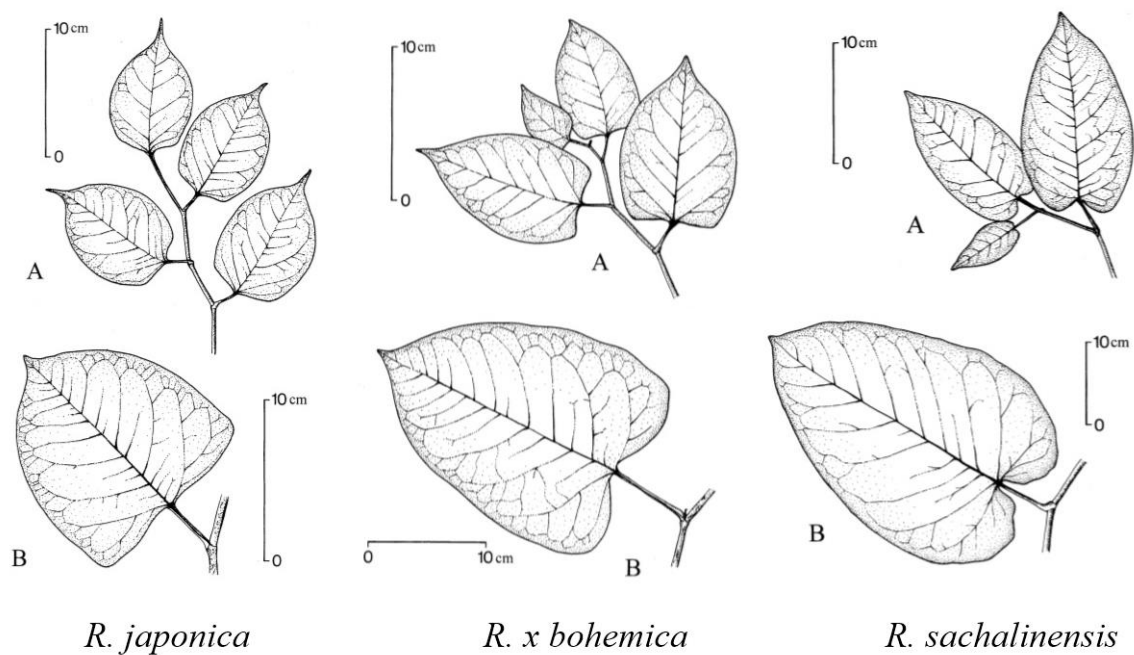


R. x bohemica

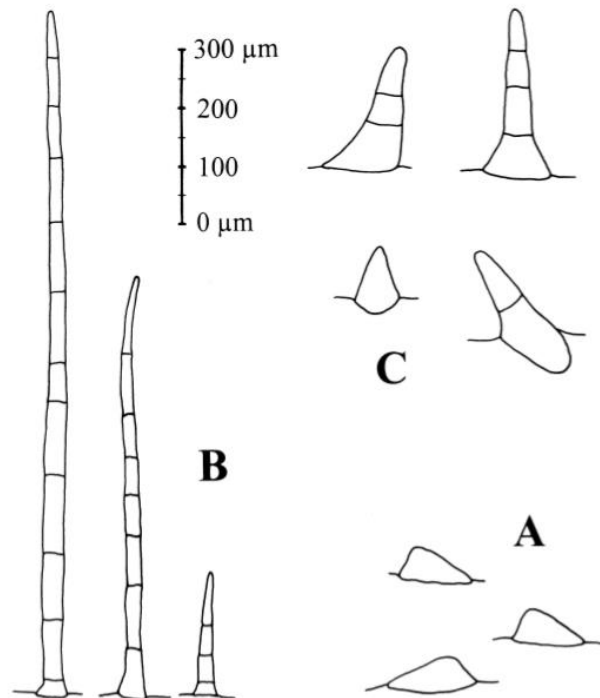


R. sachalinensis

Slika 1. Položaj prašnika naspram ocvijeća kod invazivnih dvornika. Preuzeto i prilagođeno iz: Child: Vegetative Regeneration and Distribution of *Fallopia japonica* and *Fallopia × bohemica*: Implications for Control and Management, 1999.



Slika 2. Oblik i veličina listova invazivnih dvornika. **A** - listovi vršnog dijela stabljike, **B** - listovi srednjeg dijela stabljike. Preuzeto i prilagođeno iz: Fojcik i Tokarska-Guzik: *Reynoutria* × *bohemica* (Polygonaceae) - nowy takson we florze Polski. 2000.



Slika 3. Morfologija dlaka s donje strane lista. **A** - *R. japonica*, **B** - *R. sachalinensis*, **C** - *R. × bohemica*. Preuzeto i prilagođeno iz: Fojcik i Tokarska-Guzik: *Reynoutria* × *bohemica* (Polygonaceae) - nowy takson we florze Polski. 2000.

3.3 Načini rasprostranjivanja

Invazivne dvornike karakterizira njihova iznimna sposobnost vegetativnog razmnožavanja. Nova jedinka se može u povoljnim uvjetima regenerirati iz listova, fragmenata stabljike i čak nevjerojatno malenog fragmenta podanka mase 0.06 grama (Brabec, 1997; DeWaal 2001; McFarlane 2011 citirano u Jones i sur. 2020). Dugo vremena se smatralo da se dvornici šire jedino vegetativnim načinom. Ono što je dovelo do stvaranja takvog stava je činjenica da su sve jedinke japanskog dvornika ženske biljke, odnosno posjeduju cvjetove sa zakržljanim prašnicima te ne mogu proizvesti pelud (Mandák i Pyšek, 2004; Tiébre i sur. 2007; Bailey, Bímová i Mandák, 2008; Krebs i sur. 2010; Strgulc Krajšek i Koce 2015). Pridodamo li tome i relativno kasno opisivanje hibrida (1983. godine) te posljedično pogrešne podatke o rasprostranjenosti, (Mandák i Pyšek 2004; Bailey i Wisskirchen, 2008) lako se uočava opravdanost takvog stava. Spolno razmnožavanje invazivnih dvornika je moguće zbog interspecijske hibridizacije te tako dolazi do stvaranja plodova na svim vrstama invazivnih dvornika. Japanski dvornik je najčešće oploden s peludom od češkog dvornika (Strgulc Krajšek i Koce, 2015; Tiébré i sur. 2007), razlog tome je zapravo vrlo rijetka rasprostranjenost velikog dvornika (Holm i sur. 2017; Strgulc Krajšek i Koce, 2015; Saad i sur. 2011; Vuković i sur. 2019). Brojna laboratorijska istraživanja su pokazala veliku klijavost sjemenki dvornika (Saad i sur. 2011; Tiébré i sur. 2007; Forman i Kesseli, 2003) pa čak i preživljavanje mladica nakon tri godine na otvorenom u botaničkom vrtu (Strgulc Krajšek i Koce, 2015), što je u kontradikciji navoda nekih autora da u Europi još nije uočeno uspostavljanje jedinki iz sjemena u prirodi (Tiébré et al. 2007; Bailey, Bímová i Mandák, 2008; Funkenberg i sur. 2012). Prije bilo kakvih zaključaka potrebno je provesti detaljna istraživanja okolišnih čimbenika na klijanje i rast jedinki iz sjemena.

U počecima uzgoja dvornika u Europi, jedini način širenja je bio putem rasadnika ukrasnih vrsta te su dvornici dospjeli u brojne vrtove i parkove diljem Europe (Bailey i Conolly, 2000). Jednom uspostavljena jedinka se lokalno širi lateralnim grananjem podanka, gdje svaka nova grana stvara nadzemne stabljike koje skupa tvore gustu sastojinu. Nova grana podanka može narasti do sedam metara udaljenosti te tako stvoriti naizgled odvojenu sastojinu (Child i Wade, 2000 citirano u Martin, 2019). Ubrzo dvornici postaju smetnja u vrtovima te ih vlasnici pokušavaju na razne načine ukloniti. Uz prijašnje navedenu iznimnu sposobnost regeneracije, svako odlaganje zemlje s fragmentima podanka i dijelova stabljike postaje izvorištem novih jedinki. Nadalje najčešći način širenja je putem transporta zemlje ili pijeska kontaminiranim

fragmentima rizoma prilikom izgradnje cesta, zgrada, parkova i riječnih obala (Alberternst i Böhmer, 2011). Prirodno širenje dvornika započinje pojavom biljaka na obalama rijeka, gdje poplave raznose fragmente podanka i stabljika.

Spolno razmnožavanje se mora uzeti u obzir prilikom planiranja kontrole dvornika, usprkos trenutnom izostajanju konkretnih dokaza o uspostavljanju jedinki iz sjemena. Hibridizacija između roditeljskih vrsta i pogotovo povratna križanja dovode do povećane genske raznolikosti hibrida što posljedično rezultira povećanjem sposobnosti za prilagodbu na nove uvjete okoliša (Tiébré i sur. 2007; Funkenberg i sur. 2012).

4 PORIJEKLO I RASPROSTRANJENOST

4.1 *R. japonica*

Prirodni areal japanskog dvornika je Japan, no može se pronaći u Koreji i centralno istočnoj Kini (Balogh, 2008). U Japanu *R. japonica* je vrlo učestala biljka te ima bitnu ulogu u primarnoj sukcesiji vegetacije na visokim obroncima vulkana. Prvi naseljava ogoljena skorijška polja i bazaltne šljunke. Rastom sastojina i kasnijim raspadanjem stvara se potrebna biomasa za naseljavanje ostalih vrsta (Colleran i Goodall, 2014). Najčešće se pronalazi uz cestu, šljunkovite obale rijeka, poplavne šume i na pašnjacima s velikom upotrebom dušičnih gnojiva (Alberternst i Böhmer, 2011).

Rasprostranjivanje japanskog dvornika u Europi započinje u 19. stoljeću. Točnije 1846. godine kada je njemački liječnik i zaljubljenik u botaniku sa smislom za poduzetništvo Phillipp von Siebold donio živi primjerak japanskog dvornika, nakon ekspedicije u Japanu (Bailey i Conolly, 2000). Von Siebold je u nizozemskom gradu Leidenu uspostavio rasadnik egzotičnih biljnih vrsta (Thiébaud i sur. 2020) za kojima je u to vrijeme vladala izrazita potražnja. Idućih godina von Siebold promovira japanski dvornik kao biljku iznimnih kvaliteta te ju aktivno prodaje i dijeli diljem Europe (Bailey i Conolly, 2000). Ubrzo, biljka je zabilježena u Engleskoj 1850. godine, Francuskoj 1853., SAD 1866., Češkoj 1869., Njemačkoj 1872., Poljskoj 1882. i Norveškoj 1883. godine (Patterson, 1976; Pyšek i Prach, 1994; Bailey i Conolly, 2000; Thiébaud i sur. 2020; Alberternst i Böhmer, 2011; Holm i sur. 2017). Trenutno je japanski dvornik proširen na pet kontinenata: Azija, Europa, Sjeverna i Južna Amerika te Australija i Oceanija. U Sjevernoj Americi nalazi se u Kanadi i u 41 zemlji Sjedinjenih Američkih Država, a na Europskom kontinentu okupira 31 od 44 zemlje (Invasive Species Compendium, Shaw 2020).



Slika 4. Karta rasprostranjenosti japanskog dvornika. Preuzeto iz: www.cabi.org/isc/datasheet/23875

U Hrvatskoj, zahvaljujući nedavnom istraživanju Vuković i sur. (2019) znamo da japanski dvornik nije široko rasprostranjen kao što se prethodno mislilo. Pronađeno je 25 lokacija, ograničenih na središnju Hrvatsku.

4.2 *R. sachalinensis*

Prirodno područje rasprostranjenosti velikog dvornika je Sahalinski otok te otoci Hokkaido i Honshu u Japanu (Balogh, 2008) gdje najčešće raste na vlažnim livadama, uz rubove šuma te uz obale rijeka i potoka (MISIN, Michigan State University 2020).

Nedugo za japanskim dvornikom, unesen je i veliki dvornik. Prvi navodi za Europu datiraju od 1855. do 1864. godine. Prvi donosilac primjerka velikog dvornika je doktor Heinrich Weyrich, kirurg na brodu Vostok, tijekom vojne operacije ruske mornarice za vrijeme Krimskog rata. Primjerak je 1853. godine sakupio na Sahalinskom otoku i 1855. donosi u botanički vrt u Sankt Peterburgu (Bailey i Conolly, 2000). Zatim u razdoblju od 1860. i 1862. godine, također na Sahalinskom otoku, botaničari Peter von Glehn i Fjodor Bogdanovič Schmidt (eng. Carl Friedrich Schmidt) pronalaze i donose primjerke velikog dvornika. Kasnije,

1864. godine ruski botaničar Karl Ivanovič Maksimovič (eng. Carl Johann Maximovich), nakon ekspedicije u Japanu, donosi u Sankt Peterburg pozamašnu kolekciju živih biljaka, sjemenja i herbarijskih primjeraka, među njima i veliki dvornik (Thiébaud i sur. 2020). Trenutno u Europi veliki dvornici posjeduju veću gensku raznolikost od japanskog dvornika, a razlog tome mogu biti navedeni višestruki unosi s različitih područja istočne Azije (Bailey i Conolly, 2000). Zapis o uzgajanju velikog dvornika u botaničkom vrtu Sankt Peterburga postoji od 1864. godine te se tada njegovo sjemenje dijeli botaničkim vrtovima diljem Europe. Već 1869. godine postaje komercijalno dostupan u Ujedinjenom Kraljevstvu (Bailey i Conolly, 2000) te 1870. godine u Francuskoj. Poznati francuski arhitekt, botaničar i poznati dizajner vrtova Edouard André, između 1883. i 1895. godine, kao urednik tada prestižnog časopisa *Revue Horticole*, promovira sadnju velikog dvornika kao biljku iznimne ukrasne kvalitete i nevjerojatne izdržljivosti. Čak je izrazio žaljenje zašto se veliki dvornik ne sadi češće po vrtovima i parkovima Francuske te savjetuje da se japanski i veliki dvornik sade skupa. Osim promoviranja putem časopisa i sam André u svom vrtu u Tourainu je uzgajao obje vrste jednu do druge, koje je dijelio vrtlarima diljem Francuske (Thiébaud i sur. 2020). Trenutno je rasprostranjen na pet kontinenata: Africi, Aziji, Europi, Sjevernoj Americi te Australiji i Oceaniji. U Europi se nalazi u 30 zemalja, ali u značajnije manjoj brojnosti naspram japanskog dvornika (Mandák i Pyšek, 2004; Saad i sur. 2011; Širka i sur. 2013; Strgulc i Krajšek, 2015; Holm i sur. 2017). U Sjevernoj Americi se nalazi u Kanadi i 26 zemalja SAD-a.



Slika 5. Rasprostranjenost velikog dvornika u svijetu. Preuzeto s interneta:
www.cabi.org/isc/datasheet/107744

Veliki dvornik je vrlo rijetka biljka u Hrvatskoj, pronađena je samo na tri lokacije, jedna u gorskoj i dvije u središnjoj Hrvatskoj (Vuković i sur.. 2019).

4.3 *R. × bohemica*

Mogućnost hibridizacije unesenih vrsta opisana je u poglavlju 3.3. S obzirom da su japanski i veliki dvornik u Europi uneseni na ista područja, došlo je do njihova križanja i stvaranja hibrida *R. × bohemica* tj. češkog dvornika. Najstariji herbarijski primjerak pronađen je u botaničkom vrtu u Manchesteru a datira iz 1872. godine (Bailey i Conolly, 2000). Dok je opis vrste prvi put napravljen 1983. godine u tadašnjoj Čehoslovačkoj i tek tada znanstvena zajednica postaje svjesna prisutnosti hibrida. To znači da se otprilike 100 godina češki dvornik pogrešno identificirao. Prema Baileyu i Conollyu (2000) upravo su tadašnji botanički vrtovi prva mjesta hibridizacije, uzgoja i rasprostiranja češkog dvornika po Ujedinjenom Kraljevstvu. U Francuskoj je sličan scenarij, prvi herbarijski primjerak datira iz 1892. godine, a sakupljen je u gradu Le Chesnes u Ardenima, te je zahvaljujući literaturi poznato da su se roditeljske vrste zajedno uzgajale u vrtovima, parkovima i rasadnicima diljem Francuske (Thiébaud et al. 2020).

Trenutno je češki dvornik rasprostranjen na četiri kontinenta: Aziji – Japanu, Sjevernoj Americi – Kanadi i SAD-u (u 22 države), Australiji i Europi (23 države), no i dalje zbog pogrešne identifikacije, nedostaju podaci o stvarnoj rasprostranjenosti. Novija istraživanja, odnosno revizije nacionalnih flora pokazala su da je češki dvornik najučestalija vrsta invazivnih dvornika diljem Europe (Mandák i Pyšek, 2004; Saad i sur.. 2011; Strgulec i Krajšek, 2015, Vuković i sur. 2019). Razlog tome može biti taj što je češki dvornik najuspješniji u regeneraciji iz fragmenata i uspostavljanju novih kolonija (Child, 1999; Bailey, Bímová i Mandák, 2008).



Slika 6. Rasprostranjenost češkog dvornika u svijetu. Preuzeto iz: www.cabi.org/isc/datasheet/108332

U Hrvatskoj je češki dvornik daleko najrasprostranjenija vrsta invazivnih dvornika sa 210 nalaza diljem kontinentalne i gorske Hrvatske, čak je pronađen na jugu Istre te na otoku Rabu.

5 UTJECAJ NA OKOLIŠ

Lavoie (2018) analizira do tada sve stručno recenzirane radove koji se bave utjecajem dvornika na okoliš. Najčešće proučavane utjecaje svrstava u pet kategorija: i) gljive, bakterije i amebe, ii) vaskularne biljke, iii) beskralježnjake, iv) kralježnjake, v) kemijske i fizikalne karakteristike staništa. Koristeći se klasifikacijom invazivnih vrsta prema Blackburnu i sur. (2014), dvornike svrstava u vrste s velikim utjecajem na okoliš (Klasifikacija u prilgu i opis utjecaja) a prema sistemu bodovanja generičkog utjecaja (GISS – Generic impact scoring system; Nentwig i sur., 2016) dvornici spadaju u vrste između srednjeg i visokog utjecaja.

UTJECAJ NA GLJIVE, BAKTERIJE I AMEBE

Visok sadržaj tanina i polifenolski spojevi u listovima te dugotrajno vrijeme raspadanja, uzorkuje veći udio vrsta gljiva i ameba ispod sastojina dvornika u usporedbi s okolinom. Dok je brojnost vrsta bakterija smanjena. Razlog tome je veća sposobnost gljiva u razgradnji otpalih listova.

UTJECAJ NA VASKULARNE BILJKE

Sve studije su pokazale negativan utjecaj dvornika na biomasu i raznolikost vrsta zbog njihovog brzog i gustog rasta. Sastojine stvaraju sjenu i potiskuju nativnu floru. Tome može doprinijeti i alelopatski učinak, koji je potvrđen u nekoliko studija (Moravcová i sur., 2011.; Dommanget i sur., 2014) no istraživanje koje su učinili Parepa i Bossdorf (2016) pokazuje kako takvi rezultati mogu biti pod utjecajem korištenog supstrata za uzgoj biljaka u eksperimentu i naglašavaju da se u budućim istraživanjima koristi prirodno tlo. Tako je istraživanje Perković (2019) sa prirodnim tlom pokazalo statistički neznačajan utjecaj na klijavost i rast gorušnice i pšenice.

UTJECAJ NA BESKRALJEŽNJAKE

Velike i guste sastojine dvornika pojednostavljaju strukturu složenih staništa beskralježnjaka i uz smanjenje biljne raznolikosti dovode do pada od 60% u biomasi obalnih beskralježnjaka. Prvenstveno smanjuju obilnost herbivora što posljedično dovodi do pada beskralježnjačkih predatora poput pauka. S druge strane obilno otpalo lišće dvornika stvara pogodno stanište za detritivorne vrste (Lavoie, 2018), a kako su dvornici izrazite medonosne vrste tako je u istraživanju Davis i sur. (2018) pokazana veća raznolikost kukaca oprašivača nego u neinvadiranom području

UTJECAJ NA KRALJEŽNJAKE

Samo su tri studije učinjene o utjecaju sastojina dvornika na kralježnjake. Dvije o pticama i jedna o utjecaju na prehranu žaba. Prisutnost ptica koje se hrane beskralježnjacima je smanjena dok ptice generalisti profitiraju od sastojina dvornika. Istraživanje Maertz i sur. (2005) rađeno sa jednom vrstom žabe u jednom tipu okoliša u trajanju od 38 sati, pokazalo je da jedinke smještene u sastojine dvornika nisu dobile na masi u usporedbi s ostalima koje su smještene u okolini. Vjerojatno zbog smanjene dostupnosti hrane. Ovakve studije nisu dovoljne da bi se dokazao utjecaj dvornika na kralježnjake, no manjak studija ne znači da utjecaj ne postoji.

UTJECAJ NA KEMIJSKE I FIZIKALNE KARAKTERISTIKE STANIŠTA

Zbog stvaranja obilnog lisnog otpada, koje je po sastavu različit od listinca porijeklom od native flore, mijenja se sastav tla. Dolazi do stvaranja debljeg A horizonta tla (tj. humusnog sloja), snižavanja pH vrijednosti, smanjenja količine kalija i anorganskog dušika te povećanja koncentracije ugljika u usporedbi s okolnim tlom.

UTJECAJ NA LJUDSKE AKTIVNOSTI

Rast velikih sastojina duž prometnica ili željezničkih pruga smanjuje vidljivost što posljedično dovodi do sigurnosnih problema. Rast duž obala rijeka smanjuje pristupačnost obali te ometa redovno održavanje infrastruktura i zgrada (Cottet i sur., 2015. citirano u Martin 2019). Također raste zabrinutost uzgajivača šuma, koji strahuju da će nakon sječe šuma doći do zaposjedanja dvornika na iskrčenim parcelama (Dommanget i sur., 2016. citirano u Martin 2019). Poznati su slučajevi gdje dvornici proširuju pukotine u strukturi infrastrukturnih objekata te tako dovode do narušavanja statike građevina (Fennell i sur., 2018). Brojna literatura i izvori o dvornicima navode kako prisutnost velikih sastojina dvornika duž obale povećava rizik od plavljenja narušavanjem strukture nasipa i smanjivanjem kapaciteta kanala, no niti jedna takva tvrdnja do sad nije istražena i prikazana u stručno recenziranom istraživačkom radu (Lavoie 2018).

Manjak radova o utjecaju na okoliš kao i preuranjeni zaključci o utjecajima, doprinose rastu skepticizma o šteti invazivnih biljnih vrsta na bioraznolikost. Navedeno je u zadnje vrijeme tema brojnih rasprava (npr. Simberloff 2013, Hulme i sur., 2015). No usprkos deficitu stručno recenziranih radova na temu utjecaja invazivnih dvornika na okoliš, razumno je zaključiti da su dvornici prijetnja bioraznolikosti i integritetu obalnih staništa, jer kako je prije spomenuto, manjak radova ne implicira izostanak utjecaja na okoliš.

6 METODE KONTROLE I UKLANJANJA

Invazivni dvornici su zbog svoje iznimne sposobnosti regeneracije izuzetno teški za kontrolu. Zbog toga je japanski dvornik dospio na listu najgorih svjetskih invazivnih vrsta (Lowe i sur., 2000). Na godišnjoj razini ukupni ekonomski trošak Europske unije za kontrolu dvornika iznosi 2.3 milijarde eura (Kettunen i sur., 2009) dok u Ujedinjenom kraljevstvu iznosi 165 milijuna funti (Williams i sur., 2010). U nastavku slijedi opis najčešće korištenih metoda te diskusija njihove učinkovitosti.

6.1 Mehaničke metode

Cilj mehaničkih metoda je ukloniti ili iscrpiti podzemni podanak. Što se postiže čupanjem, iskapanjem, košnjom ili prekrivanjem nepropusnim materijalom. Mehaničke metode se najčešće koriste na područjima gdje je upotreba herbicida zabranjena.

Košnja je bila najučestalija metoda kontrole dvornika jer se povijesno preporučivala u Ujedinjenom Kraljevstvu i Sjevernoj Americi (Jones i sur., 2020). Prema McHughu (2006) potrebno je kositi minimalno dva puta mjesečno, uzastopce kroz 2-3 godine kako bi se uklonile manje biljke. Jones i sur., (2020) navode kako do sada ne postoji niti jedan primjer uspješne dugotrajne kontrole dvornika koristeći se ovom metodom, čak i ukoliko se vrši u prosjeku 20 košnji godišnje. Osim neučinkovitosti također navode problem praktičnosti metode prilikom upotrebe strojeva pri košnji velikih sastojina dvornika, jer je potrebno osigurati da fragmenti biljke nastali košnjom ne prouzrokuju još veće rasprostranjivanje biljke. Također košnja nadzemne stabljike uzrokuje lateralno širenje rizoma i povećava gustoću stabljika. (Beerling 1990a. Scott 1988 citirano u Child 1999) što ih još više čini težima za kontrolu.

Ručno čupanje biljke se koristi za mlade biljke, plitkog podanka u rahlom tlu. Tjedan dana nakon prvog čupanja potrebno je pratiti rastu li nove biljke iz zaostalih fragmenata podanka u krugu od šest metara te ponoviti čupanje ukoliko ih ima (McHugh 2006). Bitno je napomenuti kako ova metoda nije primjenjiva za biljke srednje i velike veličine.

Iskapanje cijelog podanka je vremenski najbrža metoda uklanjanja dvornika (Kabat i sur., 2006) no za veće biljke je izrazito skupa i upitne efikasnosti. (Miller 2005. citirano u Bashtanova, 2009). Potrebno je kopati do dubine od 2 metra i lateralno od 5 do 7 metara da bi se uklonio čitav podanak biljke srednje veličine (Child 1999) Nakon iskapanja je izrazito potrebno obratiti pozornost na odlaganje zemlje sa fragmentima rizoma.

Prekrivanjem biljke nepropusnim materijalom sprječava se rast nadzemne stabljike te se time kroz određeni period iscrpljuje podanak. Potrebno je pokositi izolirane sastojine srednje veličine te ih prekriti geotekstilom u promjeru od 7 metara od sredine sastojine i rubove geotekstila ukopati u zemlju. Ostaviti prekriveno minimalno cijelu sezonu te pratiti pojavljuju li se izdanci izvan rubova. McHugh (2006) tvrdi da uspješnost uklanjanja ovisi o kvaliteti postavljanja nepropusnog materijala i o učestalom monitoringu. No učinkovitosti je upitna zbog manjka sistematičnih istraživanja ove metode.

6.2 Kemijske metode

Bashtanova i sur. (2009) predlažu kombinirano i tempirano korištenje herbicida kroz sezonu kako bi se biljka najefikasnije iscrpila i na kraju uništila. Osnova za tempiranje i odabir herbicida je praćenje fizioloških procesa biljke kroz sezonu. U proljeće biljka ulaže sve resurse za rast nadzemnih organa te je tada kretanje nutrijenata iz podanka u stabljike. Tada treba primijeniti herbicide koji se transportiraju ksilemom, kako bi se otrovao parenhim podanka ili koristiti kontaktne herbicide koji će uništiti nadzemne organe. Time se podanak dodatno iscrpljuje ulaganjem energiju u rast novih stabljika. Kasnije, sredinom ljeta u podanku počinje stvaranje prostora za rezerve nutrijenata, odnosno tada je sinteza proteina u podanku najveća i najoptimalnije je vrijeme za primjenu herbicida koji prekidaju sintezu proteina tipa glifosat ili imazapyr. Na jesen počinje snažan transport dušika i ugljika iz listova i stabljike prema rizomu, tada je potrebno koristiti sintetičke auksine koji će u potpunosti prekinuti prijenos tvari floemom što će spriječiti nakupljanje zaliha za prezimljavanje. Herbicide je potrebno primijeniti iduće sezone pa čak i godinama dok se biljka u potpunosti ne uništi (Child, 1999; McHugh, 2006).

Postoje različite metode primjene herbicida, poput folijarne primjene prskanjem, nanošenje kistom, ulijevanje herbicida u prerezanu stabljiku te ubrzgavanje u stabljiku. Prilikom odabira metode treba uzeti u obzir utjecaj herbicida na organizme u okolini, zbog štetnih učinaka npr. glifosata na bakterije, protozoe, rakove, gujovice i ribe (Delbart i sur., 2012). Folijarna primjena se pokazala vremenski najefikasnijom no zbog raspršivanja herbicida, utjecaj na organizme u okolini je neizbježan. Ostale navedene metode oduzimaju dosta vremena ali je vjerojatnije da će herbicidi ostati sadržani unutar ciljane biljke (McHugh 2006).

Kabat, Stewart i Pullin (2006) nakon revizije radova na temu metoda kontrole dvornika, navode da primjena imazapyra i glifosata, zasebno i kombinirano, dovodi do smanjenja biomase dvornika u kratkom vremenu ali ne i do potpune dugotrajne eradikacije. Odnosno izostaju kvalitetna i dugotrajna istraživanja kontrole i eradikacije dvornika koja bi potvrdila efikasnost i opravdanost korištenja pojedine metode.

Jones i sur., (2018) napravili su do sada najopsežnije terensko istraživanje mehaničkih i kemijskih metoda kontrole japanskog dvornika. Na temelju rezultata preporučaju ljetnu i jesensku folijarnu primjenu glifosata kao daleko najučinkovitiju metodu kontrole. Također napominju da je potrebno pratiti fiziološke procese transporta tvari unutar biljke kako bi prijenos glifosata u podanak bio najučinkovitiji. Kontradiktorno rečenom, na 10 od 18 pokusnih ploha folijarnom primjenom su koristili sintetičke auksine u kombinaciji sa glifosatom. Sintetički auksini dovode do hormonske neravnoteže te dolazi do nekontroliranog rasta stanica koje blokiraju transport tvari floemom (Bashtanova i sur., 2009). U tom slučaju je spriječen prijenos tvari skupa sa glifosatom u podanak te je za očekivati da će se tretmani sa samim glifosatom pokazati najučinkovitijim.

6.3 Biološke metode

Za biološku kontrolu dvornika se koristi polukrilac (Hemiptera) iz porodice Psyllidae, *Aphalara itadori*. Ličinački stadij kukca se hrani sokom iz floema dvornika te tako usporava razvoj biljke. *Aphalara itadori* se jedino hrani i polaže jajašca na biljkama japanskog dvornika (Djeddour i Shaw, 2010). Trenutno je odobren i u upotrebi u Ujedinjenom Kraljevstvu, Kanadi

i SAD-u. Bitno je napomenuti da samostalno, biološka kontrola ne može spriječiti širenje niti uništiti biljke.

Ukratko, najbrža i najefikasnija metoda uklanjanja dvornika je iskapanje kompletnog podanka, što je ujedno i daleko najskuplja metoda, sve ostale metode je potrebno primjenjivati uzastopno kroz niz godina s neizvjesnošću uspjeha eradikacije. Martin (2019) navodi da je potrebna promjena paradigme o kontroli i uklanjanju dvornika. Umjesto u nastojanju eradikacije postojećih sastojina potrebno je preusmjeriti resurse u sprječavanje daljnjeg širenja. Osmišljena je EDRR metoda, Early Detection and Rapid Response je metoda koja je financijski najisplativija u usporedbi s ostalima. U osnovi, ubrzo nakon događaja koji rasprostiru fragmente podanka i stabljike, poput poplava ili košnje trave uz prometnice, potrebno je izvršiti vizualni pregled i ukloniti novo formirane biljke. Istraživanje Colleran i Goodall (2015) je pokazalo da novo uspostavljene biljke ulažu energiju u rast nadzemnih dijelova do jeseni druge sezone, što daje dovoljan vremenski okvir za ponovni pregled i uklanjanje prethodno propuštenih jedinki prije nego se uklanjanje oteža rastom rizoma.

7 ZAKLJUČAK

Invazivni dvornici zahvaljujući modi 19. stoljeća, kada je vladala neutaživa želja za egzotičnim biljnim vrstama, započinju svoj put ekspanzije diljem svijeta. Trenutno su rasprostranjeni na pet kontinenata, a u Hrvatskoj diljem kontinentalne i gorske Hrvatske. Kao i u Hrvatskoj tako i svijetu, češki dvornik je daleko najučestalija vrsta zbog bolje prilagođenosti okolišnim uvjetima te uspješnije regeneracije iz fragmenata biljke u usporedbi s ostalim dvornicima. Mada je stvarna rasprostranjenost češkog dvornika podcijenjena zbog učestale pogrešne identifikacije, stoga je u ovom radu grafički, tablično i opisno navedena karakteristična morfologija invazivnih dvornika, po kojoj se relativno lako može pravilno identificirati vrsta.

Na temelju dosadašnjih recenziranih stručnih radova na temu utjecaja invazivnih dvornika na okoliš, Lavoie (2017) ih svrstava u vrste s velikim utjecajem na okoliš na temelju klasifikacije stranih invazivnih vrsta prema Blackburnu i sur. (2014). No potrebna su daljnja istraživanja o utjecaju na kralježnjake te pogotovo o utjecaju na hidrološke procese i ekologiju tekućica, kako bi se stvorila baza kvantitativnih dokaza za bolji i efikasniji pristup kontrole dvornika.

Metode kontrole i uklanjanja dvornika se dijele u tri kategorije: mehaničke, kemijske i biološke. Do sada se niti jedna isprobana metoda, osim potpunog iskapanja podanka, nije pokazala učinkovita u kratkotrajnoj primjeni. Postoje naznake uspješnog uklanjanja manjih do srednjih sastojina kombinacijom kemijskih i mehaničkih metoda ali zbog neizvjesnosti uspjeha uklanjanja i dugotrajne primjene metode, potrebno je promijeniti način razmišljanja u kojem se teži potpunom uklanjanju prema razmišljanju o sprječavanju daljnjeg rasprostiranja dvornika. Predložena je metoda kojom se vrši kontrola i uklanjaju novo formirane biljke ubrzo nakon događaja koji prostiru fragmente biljke, poput poplava i košnje uz prometnice. Iznimno skupe ali učinkovite metode poput potpunog iskapanja podanka trebalo bi primijeniti na sastojinama koje se nalaze u zaštićenim područjima ali i na onima od kojih postoji najveći rizik daljnjeg rasprostiranja. Nadalje, zbog nevjerojatne sposobnosti regeneracije iz apsolutno svih dijelova biljke, mora se obratiti posebna pozornost na odlaganje zemlje kontaminirane fragmentima podanka ili fragmenata stabljike prilikom košnje, kako ne bi došlo do formiranja novih sastojina. Također zbog mogućnosti spolnog razmnožavanja te interspecijske hibridizacije koja može dovesti do stvaranja kompetentnijeg hibrida, potrebno je sječom ili upotrebom herbicida spriječiti sazrijevanje plodova na jesen.

Invazivni dvornici, biljke koje su nekada bile visoko cijenjene zbog svojih estetskih, ljekovitih i praktičnih kvaliteta, sada su (zbog mode i neznanja) postale neuništiva prijetnja bioraznolikosti. Unazad pola stoljeća, biolozi i ekolozi su svjesni posljedica koje čine unesene ukrasne vrste, ali šira javnost nije te se i dalje putem brojnih rasadnika ukrasnog bilja rasprostiru invazivne vrste. Stoga će prijenos znanja i edukacija šire javnosti o problematici invazivnih vrsta biti najučinkovitija metoda zaštite bioraznolikosti.

8 LITERATURA

- Alberternst, Beate & Boehmer, Hans Juergen. (2011). NOBANIS – invasive alien species fact sheet – *Fallopia japonica*.
- Bailey, J., and A. Conolly. “Prize-Winners to Pariahs - a History of Japanese Knotweed s.l. (Polygonaceae) in the British Isles.” *Undefined*, 2000, <https://www.semanticscholar.org/paper/Prize-winners-to-pariahs-a-history-of-Japanese-s.l.-Bailey-Conolly/ad73d1b1fbbf3d9bfe6dfae8e0042a178b62151c>.
- Bailey, John P., et al. “Asexual Spread versus Sexual Reproduction and Evolution in Japanese Knotweed s.l. Sets the Stage for the ‘Battle of the Clones.’” *Biological Invasions*, vol. 11, no. 5, May 2009, pp. 1189–203. *Springer Link*, doi:10.1007/s10530-008-9381-4.
- Bailey, John & Wisskirchen, Rolf. (2008). The distribution and origins of *Fallopia* × *bohemica* (Polygonaceae) in Europe. *Nordic Journal of Botany*. 24. 173 - 199. 10.1111/j.1756-1051.2004.tb00832.x.
- Balogh, Lajos. “Japanese, Giant and Bohemian Knotweed (*Fallopia Japonica*, *Fallopia Sachalinensis* and *Fallopia* × *bohemica*).” *The Most Important Invasive Plants in Hungary*, Hungarian Academy of Sciences, Institute of Ecology and Botany, 2008, pp. 13–33.
- Barbara, Fojcik & Tokarska-Guzik, Barbara. (2000). *Reynoutria* × *bohemica* (Polygonaceae) – nowy takson we florze Polski. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*. 7. 63-71.
- Bashtanova, Uliana B., et al. “Review: Physiological Approaches to the Improvement of Chemical Control of Japanese Knotweed (*Fallopia Japonica*).” *Weed Science*, vol. 57, no. 6, Dec. 2009, pp. 584–92. *DOI.org (Crossref)*, doi:10.1614/WS-09-069.1.
- Blackburn, Tim M., et al. “A Unified Classification of Alien Species Based on the Magnitude of Their Environmental Impacts.” *PLoS Biology*, vol. 12, no. 5, May 2014, p. e1001850. *DOI.org (Crossref)*, doi:10.1371/journal.pbio.1001850.

- Child, L. E. *Vegetative Regeneration and Distribution of Fallopia Japonica and Fallopia x Bohemica : Implications for Control and Management*. Loughborough University, 1999.
- Colleran, Brian P., and Katherine E. Goodall. “Extending the Timeframe for Rapid Response and Best Management Practices of Flood-Dispersed Japanese Knotweed (*Fallopia Japonica*).” *Invasive Plant Science and Management*, vol. 8, no. 2, June 2015, pp. 250–53. *DOI.org (Crossref)*, doi:10.1614/IPSM-D-14-00046.1.
- . “In Situ Growth and Rapid Response Management of Flood-Dispersed Japanese Knotweed (*Fallopia Japonica*).” *Invasive Plant Science and Management*, vol. 7, no. 1, Mar. 2014, pp. 84–92. *DOI.org (Crossref)*, doi:10.1614/IPSM-D-13-00027.1.
- Davis, Emily S., et al. “Contrasting Impacts of Highly Invasive Plant Species on Flower-Visiting Insect Communities.” *Biodiversity and Conservation*, vol. 27, no. 8, July 2018, pp. 2069–85. *Springer Link*, doi:10.1007/s10531-018-1525-y.
- Delbart, Emmanuel & Mahy, Grégory & Weickmans, Bernard & Henriët, François & Crémer, Sébastien & Pieret, Nora & Vanderhoeven, Sonia & Monty, Arnaud. (2012). Can Land Managers Control Japanese Knotweed? Lessons from Control Tests in Belgium. *Environmental management*. 50. 10.1007/s00267-012-9945-z.
- Djeddour, D. H., and R. H. Shaw. “The Biological Control of *Fallopia Japonica* in Great Britain: Review and Current Status.” *Outlooks on Pest Management*, vol. 21, no. 1, Feb. 2010, pp. 15–18. *DOI.org (Crossref)*, doi:10.1564/21feb04.
- Dommanget, Fanny, et al. “Differential Allelopathic Effects of Japanese Knotweed on Willow and Cottonwood Cuttings Used in Riverbank Restoration Techniques.” *Journal of Environmental Management*, vol. 132, Jan. 2014, pp. 71–78. *ScienceDirect*, doi:10.1016/j.jenvman.2013.10.024.
- Fennell, Mark, et al. “Japanese Knotweed (*Fallopia Japonica*): An Analysis of Capacity to Cause Structural Damage (Compared to Other Plants) and Typical Rhizome Extension.” *PeerJ*, vol. 6, July 2018, p. e5246. *peerj.com*, doi:10.7717/peerj.5246.
- Flora Croatica Database / Hrvatska Flora / Flora of Croatia*. <https://hirc.botanic.hr/fcd/>. Accessed 31 Aug. 2020.

- Forman, J., and R. V. Kesseli. "Sexual Reproduction in the Invasive Species *Fallopia Japonica* (Polygonaceae)." *American Journal of Botany*, vol. 90, no. 4, Apr. 2003, pp. 586–92. *DOI.org (Crossref)*, doi:10.3732/ajb.90.4.586.
- Funkenberg, Tim, et al. "Effects of Climatic Factors on *Fallopia Japonica* s.l. Seedling Establishment: Evidence from Laboratory Experiments." *Plant Species Biology*, vol. 27, no. 3, Sept. 2012, pp. 218–25. *esj-journals.onlinelibrary.wiley.com (Atypon)*, doi:10.1111/j.1442-1984.2011.00349.x.
- Hlavati Širka, Vesna & Lakusic, Dmtar & Šinžar-Sekulić, Jasmina & Nikolić, Toni & Jovanović, Slobodan. (2013). *Reynoutria sachalinensis*: A new invasive species to the flora of Serbia and its distribution in SE Europe. *Botanica Serbica*. 37. 105-112.
- Holm, Anne-Kari, et al. "Low Genetic Variation of Invasive *Fallopia* Spp. in Their Northernmost European Distribution Range." *Ecology and Evolution*, vol. 8, no. 1, 2018, pp. 755–64. *Wiley Online Library*, doi:10.1002/ece3.3703.
- Hulme, Philip E., et al. "Challenging the View That Invasive Non-Native Plants Are Not a Significant Threat to the Floristic Diversity of Great Britain." *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 112, no. 23, June 2015, pp. E2988–89. *www.pnas.org*, doi:10.1073/pnas.1506517112.
- Invasive Species Compendium*. <https://www.cabi.org/isc/>. Accessed 31 Aug. 2020.
- Jones, Daniel, Gareth Bruce, et al. "Optimising Physiochemical Control of Invasive Japanese Knotweed." *Biological Invasions*, vol. 20, no. 8, Aug. 2018, pp. 2091–105. *Springer Link*, doi:10.1007/s10530-018-1684-5.
- Jones, Daniel, Mike S. Fowler, et al. "Please Don't Mow the Japanese Knotweed!" *NeoBiota*, vol. 60, Dec. 2020, pp. 19–23. *neobiota.pensoft.net*, doi:10.3897/neobiota.60.56935.
- Kabat, T. J., et al. *Are Japanese Knotweed (Fallopia Japonica) Control and Eradication Interventions Effective?* Centre for Evidence Based Conservation , 2006.
- Kettunen, Marianne & Genovesi, Piero & Gollasch, Stephan & Pagad, Shyama & Starfinger, Uwe & Ten Brink, Patrick & Shine, C. (2008). Technical support to EU strategy on invasive species (IAS) - Assessment of the impacts of IAS in Europe and the EU (final module report for the European Commission).

- Krebs, C., et al. "Taxa Distribution and RAPD Markers Indicate Different Origin and Regional Differentiation of Hybrids in the Invasive Fallopia Complex in Central-Western Europe: Origin and Differentiation of Fallopia Hybrids." *Plant Biology*, vol. 12, no. 1, Jan. 2010, pp. 215–23. *DOI.org (Crossref)*, doi:10.1111/j.1438-8677.2009.00219.x.
- Lavoie, Claude. "The Impact of Invasive Knotweed Species (*Reynoutria* Spp.) on the Environment: Review and Research Perspectives." *Biological Invasions*, vol. 19, no. 8, Aug. 2017, pp. 2319–37. *DOI.org (Crossref)*, doi:10.1007/s10530-017-1444-y.
- Lowe, Sarah, et al. *100 of the World's Worst Invasive Alien Species : A Selection from the Global Invasive Species Database*. 2000, p. 12.
- Maerz, John C., et al. "Green Frogs Show Reduced Foraging Success in Habitats Invaded by Japanese Knotweed." *Biodiversity & Conservation*, vol. 14, no. 12, Nov. 2005, pp. 2901–11. *Springer Link*, doi:10.1007/s10531-004-0223-0.
- Mandák, Bohumil, Petr Pyšek, and Kateřina Bímová. "History of the Invasion and Distribution of *Reynoutria* Taxa in the Czech Republic: A Hybrid Spreading Faster than Its Parents." *Preslia*, vol. 76, no. 1, 2004, pp. 15–64.
- Mandák, Bohumil, Petr Pyšek, Martin Lysák, et al. "Variation in DNA- ploidy Levels of *Reynoutria* Taxa in the Czech Republic." *Annals of Botany*, vol. 92, no. 2, Aug. 2003, pp. 265–72. *DOI.org (Crossref)*, doi:10.1093/aob/mcg141.
- Martin, François-Marie. *The Study of the Spatial Dynamics of Asian Knotweeds (Reynoutria Spp.) across Scales and Its Contribution for Management Improvement*. Université Grenoble Alpes, 11 June 2019. *tel.archives-ouvertes.fr*, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-02419821>.
- McHugh, J. Murray. *A Review of Literature and Field Practices Focused on the Management and Control of Invasive Knotweed (Polygonum Cuspidatum, P. Sachalinense, P. Polystachyum and Hybrids)*. The Nature Conservancy Southern Lake Champlain Valley Program, Mar. 2006, p. 28.
- Moravcová, Lenka, et al. "Potential Phytotoxic and Shading Effects of Invasive Fallopia (Polygonaceae) Taxa on the Germination of Native Dominant Species." *NeoBiota*, vol. 9, Nov. 2011, pp. 31–47. *neobiota.pensoft.net*, doi:10.3897/neobiota.9.1266.

- Nentwig, Wolfgang, et al. "The Generic Impact Scoring System (GISS): A Standardized Tool to Quantify the Impacts of Alien Species." *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 188, no. 5, Apr. 2016, p. 315. *Springer Link*, doi:10.1007/s10661-016-5321-4.
- Nikolić, Toni, et al. *Flora Hrvatske Invazivne biljke*. ALFA d.d., 2014.
- Parepa, Madalin, et al. "Sources and Modes of Action of Invasive Knotweed Allelopathy: The Effects of Leaf Litter and Trained Soil on the Germination and Growth of Native Plants." *NeoBiota*, vol. 13, May 2012, pp. 15–30. *neobiota.pensoft.net*, doi:10.3897/neobiota.13.3039.
- Patterson, D. T. "History and Distribution of Five Exotic Weeds in North Carolina." *Castanea*, 1976. *agris.fao.org*, <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201303039295>.
- Perković, Lucia. *Utjecaj Češkog Dvornika Reynoutria x Bohemica Chrtak et Chrtkova Na Kemijske Značajke Tla i Rast Drugih Svojt*. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek, 2019.
- Pfeiffenschneider, M., P. Gräser & C. Ries, 2014. Distribution of selected neophytes along the main rivers of Luxembourg. *Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois* 115 : 101-108.
- Pyšek, P., et al. *How Important Are Rivers for Supporting Plant Invasions*. 1994.
- Saad, L., et al. *Patterns of Hybridization and Hybrid Survival in the Invasive Alien Fallopia Complex (Polygonaceae)*. 2011. *Semantic Scholar*, doi:10.5091/PLECEVO.2011.444.
- Simberloff, Daniel. "Biological Invasions: Much Progress plus Several Controversies." *Contributions to Science*, vol. 9, no. 1, 2013, pp. 7–16. *revistes.iec.cat*, doi:10.2436/cs.v9i1.83121.
- Strgulc Krajsek, Simona & Koce, Jasna. (2015). Sexual reproduction of knotweed (*Fallopia* sect. *Reynoutria*) in Slovenia. *Preslia*. 87. 17.
- Thiébaud, Mélanie, et al. "'The Fad for Polygonum Will Fade Away!': Historic Aspects of the Propagation and Success in France of the Reynoutria Complex Based on Archives."

Botany Letters, vol. 167, no. 3, July 2020, pp. 301–14. *Taylor and Francis+NEJM*, doi:10.1080/23818107.2020.1750478.

Tiébré, Marie-Solange, et al. "Hybridization and Sexual Reproduction in the Invasive Alien *Fallopia* (Polygonaceae) Complex in Belgium." *Annals of Botany*, vol. 99, no. 1, Jan. 2007, pp. 193–203. *PubMed Central*, doi:10.1093/aob/mcl242.

Vuković, Nina & Šegota, Vedran & Alegro, Antun & Koletić, Nikola & Rimac, Anja & Dekanić, Stjepan. (2019). "Flying under the radar"-how misleading distributional data led to wrong appreciation of knotweeds invasion (*Reynoutria* spp.) in Croatia. *BioInvasions Records*. 8. 175-189. 10.3391/bir.2019.8.1.19.

Williams, Frances & Eschen, René & Harris, Anna & Djeddour, Djami & Pratt, Corin & Shaw, Richard & Varia, Sonal & Godwin, Julien & Thomas, Sarah & Murphy, Sean. (2010). The Economic Cost of Invasive Non-Native Species on Great Britain.

<http://www.misin.msu.edu/facts/detail/?project=misin&id=24&cname=Giant%20knotweed> - MISIN

<https://www.cabi.org/isc/datasheet/23875> - japanski dvornik

www.cabi.org/isc/datasheet/107744 - veliki dvornik

www.cabi.org/isc/datasheet/108332 - češki dvornik

9 SAŽETAK

Danas se smatra da je utjecaj invazivnih vrsta, uz direktan gubitak staništa, najveći uzrok gubitka bioraznolikosti. Jedan od najčešćih putova prijenosa biljnih invazivnih vrsta je u hortikulturalne svrhe. Upravo iz tog razloga su, sredinom 19. stoljeća, u Europu uneseni *Reynoutria japonica* Houtt. i *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai. U Europi hibridiziraju te stvaraju novu vrstu *Reynoutria × bohemica* Chrtek et Chrtková. Sve tri vrste nazivamo skupnim nazivom invazivni dvornici. Invazivne dvornike karakterizira njihova iznimna sposobnost regeneracije iz svih dijelova biljke, stoga je *R. japonica* dospjela na IUCN listu 100 najgorih invazivnih vrsta svijeta. Iako hibrid *R. × bohemica* zaslužuje mjesto na listi, ne nalazi se zbog relativno kasnog opisivanja te stoljetne pogrešne identifikacije, stoga se uvriježilo mišljenje da je *R. japonica* najinvazivnija vrsta invazivnih dvornika. Trenutno su invazivni dvornici rasprostranjeni na pet kontinenata, dok je *Reynoutria × bohemica* najučestalija vrsta diljem svijeta i Hrvatske. Iako zbog pogrešne identifikacije, stvarna raspodjela hibrida je vjerojatno veća, stoga je u ovom radu opisana karakteristična morfologija po kojoj se mogu raspoznati vrste. Invazivni dvornici prema klasifikaciji stranih invazivnih vrsta (Blackburn i sur., 2014) spadaju u vrste s velikim utjecajem na okoliš, no utjecaj bi mogao biti podcijenjen zbog manjka sistematičnih istraživanja utjecaja na kralježnjake, hidrološke procese i ekologiju tekućica. Invazivni dvornici su izuzetno teški i skupi za ukloniti te kontrolirati, stoga se predlaže preusmjerenje resursa u sprječavanje daljnjeg širenja. Također zbog mogućnosti interspecijske hibridizacije i stvaranja potencijalno invazivnijeg hibrida, potrebno je spriječiti sazrijevanje plodova.

10 SUMMARY

Impact of invasive species, along with direct habitat loss, is considered to be the biggest cause of biodiversity loss. One of the most common routes of transmission of invasive plant species is for horticultural purposes. In the middle of the 19th century, *Reynoutria japonica* Houtt. and *Reynoutria sachalinensis* (F. Schmidt) Nakai were introduced to Europe. Soon they started to hybridize and to produce *Reynoutria* × *bohemica* Chrtek et Chrtková. All three species are collectively called invasive knotweeds. Invasive knotweeds are characterized by their exceptional ability to regenerate from all parts of the plants. That ability have earned *R. japonica* place on the IUCN list of the 100 worst invasive species in the world. Although the hybrid *R. × bohemica* deserves a place on the list, it is not on it due to the relatively late description of species and a century-old misidentification. Therefore, it is widely believed that *R. japonica* is the most invasive species of invasive knotweeds. Currently, invasive knotweeds are spread over five continents, while *R. × bohemica* is the most common species worldwide and in Croatia. Although the actual distribution of hybrids is probably higher. This paper describes the characteristic morphology by which species can be identified. According to the classification of invasive alien species (Blackburn et al. 2014), invasive knotweeds belong to species with high environmental impact. However, impact could be underestimated due to lack of systematic research of impacts on vertebrate and river and stream ecology. Invasive knotweeds are extremely difficult and expensive to manage, so the way we deal with them should be changed. It is suggested that management practices should focus on prevention of further spread. Also, due to the possibility of interspecific hybridization and the creation of a potentially more invasive hybrid, it is necessary to prevent formation of seeds.