

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Valentina MAVRIČ KLENOVŠEK

**RAZŠIRJENOST TUJERODNIH INVAZIVNIH  
RASTLINSKIH VRST OB SPODNJEM DELU REKE  
SAVE V ODVISNOSTI OD ZNAČILNOSTI  
OBREŽNEGA PASU**

MAGISTRSKO DELO

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Valentina MAVRIČ KLENOVŠEK

**RAZŠIRJENOST TUJERODNIH INVAZIVNIH RASTLINSKIH VRST OB  
SPODNJEM DELU REKE SAVE V ODVISNOSTI OD ZNAČILNOSTI  
OBREŽNEGA PASU**

MAGISTRSKO DELO

**THE DISTRIBUTION OF ALIEN INVASIVE PLANT SPECIES ALONG THE  
LOWER PART OF THE RIVER SAVA IN RELATION TO THE  
CHARACTERISTICS OF THE RIPARIAN ZONE**

M. SC. THESIS

Ljubljana, 2014

Magistrsko delo je zaključek Univerzitetnega podiplomskega študijskega programa biologija. Opravljeno je bilo na Katedri za ekologijo in varstvo okolja Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Temo magistrske naloge je sprejel senat Biotehniške fakultete in za mentorico imenoval prof. dr. Alenko Gaberščik in za somentorja doc. dr. Igorja Zelnika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: doc. dr. Martina BAČIČ

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Članica: prof. dr. Alenka GABERŠČIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: doc. dr. Igor ZELNIK

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Mitja KALIGARIČ

Univerza v Mariboru, Fakulteta za naravoslovje in matematiko

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Valentina Mavrič Klenovšek

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Md
- DK UDK 581.5(497.4)(043.2)=163.6
- KG *reka Sava/invazivne tujerodne vrste rastlin/prisotnost/pokrovnost/domorodne vrste rastlin/obrežni pas/zaledje*
- AV MAVRIČ KLENOVŠEK, Valentina, profesorica biologije
- SA GABERŠČIK, Alenka (mentor); ZELNIK, Igor (somentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Univerzitetni podiplomski študij Bioloških in biotehnoloških znanosti
- LI 2013
- IN RAZŠIRJENOST TUJERODNIH INVAZIVNIH RASTLINSKIH VRST OB SPODNJEM DELU REKE SAVE V ODVISNOSTI OD ZNAČILNOSTI OBREŽNEGA PASU
- TD Magistrsko delo (podiplomski študij)
- OP X, 75 str., 8 pregl., 11 sl., 15 pril., 132 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Ob spodnjem toku reke Save smo na 55 mestih v obrežnem pasu popisali invazivne tujerodne vrste (ocenili njihovo pokrovnost, vitalnost, fenološke faze, Raunkiaerjeve življenjske oblike) in domorodne vrste. Leta 2008 smo v obrežnem pasu spodnjega dela reke Save popisali 16 invazivnih tujerodnih rastlinskih taksonov (*Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Bidens frondosa*, *Fallopia japonica*, *F. x bohemica*, *Echinocystis lobata*, *Erigeron annuus*, *Helianthus tuberosus*, *Impatiens glandulifera*, *Parthenocissus quinquefolia* agg., *Robinia pseudacacia*, *Rudbeckia laciniata*, *Solidago canadensis*, *S. gigantea*, *Conyza canadensis*). Največje sestoje tvorita vrsti *F. japonica* in *R. pseudacacia*. Variabilnost pojavnosti in zastopanosti invazivnih tujerodnih vrst v spodnjem toku reke Save so značilno pojasnile naslednje spremenljivke: hitrost vodnega toka (4,8 %), prisotnost vodne vegetacije (4,1 %), sestava obrežne vegetacije znotraj 10-metrskega pasu (2,6 %), oblika struge (3 %), struktura bregov (2,2 %). Prisotnost in pogostost invazivnih tujerodnih vrst je v korelaciji s spodjedanjem bregov, uporabo zemljišč v zaledju, odsotnostjo sklenjene obrežne vegetacije in dinamiko toka. Med vsemi invazivkami smo statistično značilni negativni vpliv na številčnost vrst dokazali le v primeru *Acer negundo* ( $r_s = -0,292$ ). Invazivne tujerodne vrste vzdolž obrežnega pasu širijo sestoje in kolonizirajo nove habitate. Pojavljajo se nove invazivne tujerodne vrste, saj smo samo leta 2013 na istih popisnih lokacijah našli še naslednje vrste: *Amorpha fruticosa*, *Impatiens parviflora*, *Physocarpus opulifolius* in *Buddleja davidii*.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Md
- DC UDC 581.5(497.4)(043.2)=163.6
- CX river Sava/invasive alien species of plants/presence/plant cover/native plant species/  
riparian zone/hinterland
- AU MAVRIČ KLENOVŠEK, Valentina, secondary school teacher of biology
- AA GABERŠČIK, Alenka (supervisor); ZELNIK, Igor (co-advisor)
- PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, University Postgraduate Study,  
Department of Biology
- PY 2013
- TI THE DISTRIBUTION OF ALIEN INVASIVE PLANT SPECIES ALONG THE  
LOWER PART OF THE RIVER SAVA IN RELATION TO THE  
CHARACTERISTICS OF THE RIPARIAN ZONE
- DT M. Sc. Thesis
- NO X, 75 p., 8 tab., 11 fig., 15 ann., 132 ref.
- LA sl
- AL en
- AB The characteristics of the riparian zone as well as the factors influencing the spreading of invasive alien plants have been recorded at 55 locations along the river Sava. Moreover, the cover, vitality, phenological phases and Raunkiaer's life forms of alien invasive plants have been assessed alongside with native flora. An important discovery was made in the year 2008, when 16 alien invasive plant taxa were found in the lower part of the river Sava, namely *Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Bidens frondosa*, *Fallopia japonica*, *F. x bohemica*, *Echinocystis lobata*, *Erigeron annuus*, *Helianthus tuberosus*, *Impatiens glandulifera*, *Parthenocissus quinquefolia* agg., *Robinia pseudacacia*, *Rudbeckia laciniata*, *S. canadensis*, *Solidago gigantea*, *Conyza canadensis*. It has been established that the largest stands are formed by *Fallopia japonica* and *Robinia pseudacacia*. The variability of presence and abundance of invasive alien species along the lower part of the river Sava has been explained by the following variables: current velocity (4,8 %), presence of aquatic vegetation (4,1 %), riparian vegetation within the 10-meter band (2,6 %), the shape of chanell (3,0 %) the structure of banks (2,2 %), and According to Spearman's correlation coefficient, the presence and abundance of invasive alien species are related to the bank disturbance, land use beyond the riparian zone, absence of complete riparian vegetation and flow dynamics. Among the invasive plants, negative influence on the number of species has been statistically proven only in the case of the species *Acer negundo* ( $r_s = -0.292$ ). In addition, invasive alien species along the riparian zone spread stands and colonise new habitats and what is more, new invasive alien species appeared in 2013. At the above mentioned locations, the following species can be found: *Amorpha fruticosa*, *Impatiens parviflora*, *Physocarpus opulifolius* and *Buddleja davidii*.

## KAZALO

<b>KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....</b>	<b>III</b>
<b>KEY WORDS DOCUMENTATION .....</b>	<b>IV</b>
<b>KAZALO PREGLEDNIC.....</b>	<b>VII</b>
<b>KAZALO SLIK.....</b>	<b>VIII</b>
<b>KAZALO PRILOG .....</b>	<b>IX</b>
<b>SLOVARČEK.....</b>	<b>X</b>
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Namen naloge.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Raziskovalne hipoteze .....</b>	<b>3</b>
<b>2 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 OBREŽNI PAS IN OBREŽJE .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1 Značilnosti rastlin obrežnega pasu .....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.2 Življenjske oblike rastlin obrežnega pasu .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1.3 Vpliv gradnje hidroelektrarn na obrežno vegetacijo .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 INVAZIVNE TUJERODNE VRSTE RASTLIN .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.1 Dinamika invazivnosti invazivnih vrst .....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.2 Značilnosti in posledice vdora invazivnih tujerodnih vrst rastlin .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2.3 Pojav hibridizacije med invazivnimi tujerodnimi vrstami rastlin.....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.4 Učinki invazivnih tujerodnih vrst rastlin v obrežnem pasu .....</b>	<b>15</b>
<b>3 MATERIAL IN METODE .....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 OBMOČJE RAZISKAVE.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1.1 Podnebje in tla v spodnjem toku reke Save .....</b>	<b>17</b>
<b>3.1.2 Značilnosti spodnjesavske krajine .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 POPIS ZAČILNOSTI OBREŽNEGA PASU .....</b>	<b>19</b>
<b>3.3 ŽIVLJENJSKE OBLIKE RASTLINSKIH VRST V OBREŽNI VEGETACIJI.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4 SEZNAM PRIČAKOVANIH INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST RASTLIN V OBREŽNI VEGETACIJI SPODNJEGA DELA REKE SAVE.....</b>	<b>23</b>
<b>3.5 ANALIZA PODATKOV.....</b>	<b>26</b>
<b>3.5.1 Značilnosti obrežnega pasu, struge in zaledja .....</b>	<b>26</b>
<b>3.5.2 Značilnosti prisotne vegetacije v obrežnem pasu .....</b>	<b>28</b>
<b>3.5.3 Invazivne tujerodne vrste rastlin .....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.5 Analiza vpliva okoljskih dejavnikov na pojavljanje invazivnih tujerodnih vrst rastlin .....</b>	<b>30</b>
<b>4 REZULTATI.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1 ZNAČILNOSTI OBREŽNEGA PASU.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.1 Hitrost vodnega toka .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.2 Raba zemljišča neposredno za obrežno vegetacijo .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.3 Oblika struge.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.4 Sprememba rečne struge .....</b>	<b>31</b>

<b>4.1.5</b>	<b>Struktura bregov .....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.6</b>	<b>Vrsta posegov v rečni breg in spodjedanje bregov .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.7</b>	<b>Dinamika rečnega toka .....</b>	<b>32</b>
<b>4.1.8</b>	<b>Raba tal v zaledju .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>ZNAČILNOSTI PRISOTNE VEGETACIJE OBREŽNEGA PASU .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Širina cone obrežne vegetacije od roba struge do polj.....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Sklenjenost obrežne vegetacije .....</b>	<b>32</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Obrežna vegetacija znotraj 10-metrskega pasu ob strugi .....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Vodna vegetacija.....</b>	<b>33</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Višina domorodne obrežne vegetacije .....</b>	<b>33</b>
<b>4.3</b>	<b>POPISANI TAKSONI RASTLIN .....</b>	<b>33</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Ocena pokrovnosti invazivnih tujerodnih taksonov rastlin .....</b>	<b>36</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Fenološke faze invazivnih tujerodnih taksonov rastlin.....</b>	<b>37</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Vitalnost invazivnih tujerodnih taksonov rastlin .....</b>	<b>38</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Pojavljanje ITT rastlin glede na del obrežnega pasu.....</b>	<b>38</b>
<b>4.4</b>	<b>ŽIVLJENJSKE OBLIKE RASTLIN V OBREŽNEM PASU .....</b>	<b>39</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Domorodna flora obrežnega pasu .....</b>	<b>39</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Življenjske oblike invazivnih tujerodnih taksonov rastlin .....</b>	<b>40</b>
<b>4.5</b>	<b>KANONIČNA KORESPONDENČNA ANALIZA (CCA) .....</b>	<b>41</b>
<b>4.6</b>	<b>KORELACIJE MED ZNAČILNOSTMI OBREŽNEGA PASU IN POJAVLJANJEM INVAZIVNIH .....</b>	<b>44</b>
	<b>TUJERODNIH TAKSONOV RASTLIN.....</b>	<b>44</b>
<b>4.6.1</b>	<b>Korelacije med domorodnimi in invazivnimi tujerodnimi takson rastlin.....</b>	<b>49</b>
	<b>obrežnega pasu.....</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI.....</b>	<b>50</b>
<b>5.1</b>	<b>RAZPRAVA.....</b>	<b>50</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Značilnosti obrežnega pasu .....</b>	<b>50</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Značilnosti prisotne vegetacije v obrežnem pasu .....</b>	<b>51</b>
<b>5.1.3</b>	<b>Invazivne tujerodni taksoni rastlin v obrežnem pasu .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1.4</b>	<b>Uporabnost podatkov .....</b>	<b>57</b>
<b>5.2</b>	<b>SKLEPI.....</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>POVZETEK (SUMMARY) .....</b>	<b>60</b>
<b>6.1</b>	<b>POVZETEK .....</b>	<b>60</b>
<b>7</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>65</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Posamezne stopnje invazije in učinki v krajini .....	12
Preglednica 2: Oznake za življenjske oblike rastlin.....	22
Preglednica 3: Seznam invazivnih tujerodnih vrst rastlinv obrežni vegetaciji.....	23
Preglednica 4: Pojav invazivnih tujerodnih vrst v različnih letih.....	35
Preglednica 5: Abiotski in biotski dejavniki okolja, ki pojasnjujejo pojavljanje in pogostost invazivnih tujerodnih taksonov z izbranimi biotskimi in abiotskimi djavniki okolja.....	41
Preglednica 6: Značilne korelacije med značilnostmi obrežnega pasu in pojavljanjem invazivnih tujerodnih taksonov rastlin.....	47
Preglednica 7: Značilne korelacije med domorodnimi in invazivnimi tujerodnimi taksoni rastlin obrežnega pasu.....	49
Preglednica 8: Pojavljanje invazivnih tujerodnih taksonov rastlin v letih 1984 in 2013...56	



**KAZALO SLIK**

Slika 1: Vloga obrežne vegetacije pri ohranjanju kakovosti vode v vodotoku (Tabacchi in sod., 2000: 13).....	5
Slika 2: Karta popisnih mest na spodnjem delu reke Save 1-21.....	20
Slika 3: Karta popisnih območij na spodnjem delu reke Save 22 – 55.....	21
Slika 4: Prisotnost in stopnja pokrovnost invazivnih tujerodnih taksonov rastlin v spodnjem delu reke Save na lokacijah 1 do 55 v letu 2008 (Višina stolpca pomeni stopnjo pokrovnosti od 1 do 5).....	34
Slika 5: Ocenjena pokrovnost invazivnih tujerodnih taksonov na popisnih mestih.....	36
Slika 6: Fenološke faze invazivnih tujerodnih taksonov rastlin.....	37
Slika 7: Pojavljanje invazivnih tujerodnih taksonov glede na del obrežnega pasu.....	38
Slika 8: Razporeditev življenjskih oblik pri domorodnih rastlinskih taksonih obrežnega pasu.....	39
Slika 9: Razporeditev življenjskih oblik pri invazivnih tujerodnih taksonih rastlin obrežnega pasu.....	40
Slika 10: Ordinacijski diagram z izbranimi abiotskimi in biotskimi dejavniki okolja (vektorji) ter popisnimi lokacijami (točke).....	42
Slika 11: Ordinacijski diagram z izbranimi abiotskimi in biotskimi dejavniki okolja (vektorji) ter invazivnimi tujerodnimi taksoni rastlini (trikotniki).....	43

## KAZALO PRILOG

- PRILOGA A: Ocenjena hitrost vodnega toka v Savi
- PRILOGA B: Raba zemljišča neposredno za obrežno vegetacijo
- PRILOGA C: Oblika struge
- PRILOGA D: Spremembe rečne struge
- PRILOGA E: Struktura bregov
- PRILOGA F: Posegi v rečni breg
- PRILOGA G: Dinamika vodnega toka
- PRILOGA H: Raba tal v zaledju
- PRILOGA I: Širina cone obrežne vegetacije od roba struge do polj
- PRILOGA J: Sklenjenost obrežne vegetacije
- PRILOGA K: Obrežna vegetacija znotraj 10-metrskega pasu ob strugi
- PRILOGA L: Vodna vegetacija
- PRILOGA M: Višina domorodne obrežne vegetacije
- PRILOGA N: Vitalnost invazivnih tujerodnih taksonov rastlin
- PRILOGA O: Vrstna sestava vegetacije v OP brez invazivnih tujerodnih vrst

## SLOVARČEK

**CCA** – Canonical Correspondence Analysis

**ITV** – invazivna tujerodna vrsta rastlin

**ITT** – invazivni tujerodni takson rastlin

**OP** – obrežni pas

**Št. dom. taksonov** – Število domorodnih taksonov

## 1 UVOD

Moderni človek potrebuje za življenje vedno več virov iz narave. Prvi posegi človeka v naravo so bili namenjeni pridobivanju obdelovalnih površin za pridelavo hrane ter prostoru za naselitev. Z nastopom industrijske revolucije so se posegi in uničevanje narave začeli le še stopnjevati. Posegi v obrežne dele rek so povezani z izkoriščanjem reke v namakalne namene in pridobivanje električne energije. V teh dejavnostih je navadno najprej odstranjena obrežna vegetacija, ki je za optimalno delovanje rečnega ekosistema nujna.

Na rečnem bregu rastejo mnoge zelne in lesne vrste, ki se po strukturi in funkciji razlikujejo od kopenskih rastlin (Gregory in sod., 1991). Obrežna vegetacija predstavlja vir energije za rečne ekosisteme, saj je pomemben vir organskih snovi za vodne nevretenčarje. Rastline obrežnega pasu uravnavajo primarno produkcijo vodotoka, ker posredno zagotavljajo hranila (npr. mineralizacija odpadlega listja), s senčenjem vodotoka pa vplivajo na količino svetlobe in temperaturo ter omejujejo rast perifitona in makrofitov. Rastline obenem predstavljajo filter za hranila, ki se spirajo iz zaledja in s tem vplivajo na kakovost vode. Obrežne rastline morajo biti prilagojene poplavam in odlaganju sedimenta. Hidrološke značilnosti so glavni dejavniki, ki določajo vzorce porazdelitve obrežnih rastlin. Vegetacija obrežnega pasu prehaja v gozdno, v nekaterih primerih pa tudi vegetacijo travnika, njive ali ruderalne združbe, ki so antropogenega izvora.

Rečni ekosistemi so zelo nagnjeni k vdoru invazivnih tujerodnih vrst rastlin (ITV) predvsem zaradi dinamične hidrologije rek, ki delujejo kot vektorji (Debusch, 1991, cit. po Pyšek in Prach, 1993). Invazija rastlinskih vrst je še večja zaradi dejavnosti človeka v rečnih strugah in obrežnem pasu. Številni primeri kažejo, da spremenjena dinamika naravnih motenj obrežnih ekosistemov sproži uspešno vzpostavitev sestojev in širjenje invazivnih tujerodnih vrst (Cowie in Werner 1993; Decamps in sod., 1995).

Na rečnih bregovih, ruderalnih rastiščih, posekah in cestnih robovih se uspešno širijo ITV, ki izpodrivajo samonikle vrste ali pa upočasnijo naravno sukcesijo (Skoberne, 2001). Najuspešnejše so tam, kjer je ekosistem poškodovan in imajo večjo možnost za primerno

nišo. Tu najdemo vrste, kot so: *Helianthus tuberosus*, *Rudbeckia laciniata*, *Impatiens glandulifera*, *Echinocystis lobata* in *Fallopia japonica*.

Od Zidanega Mosta do Krškega so zgrajene štiri hidroelektrarne. V prihodnosti naj bi zgradili še hidroelektrarni v Brežicah in Mokricah.

Ob gradnji hidroelektrarn in spremljajoči infrastrukturi je vegetacija obrežnega pasu najbolj prizadeta, saj je z večine mest odstranjena, pogosto so poškodovana ali spremenjena še tla. Kjer ni novih zasaditev, se praviloma naseljujejo neofiti.

### **1.1 Namen naloge**

V nalogi bomo raziskali značilnosti obrežne vegetacije na spodnjem toku reke Save. Popisali bomo invazivne tujerodne vrste rastlin obrežnega pasu, raziskali značilnosti njihovega habitata in vzroke za njihovo širjenje.

V raziskavi bomo z različnimi pristopi in zbiranjem podatkov skušali:

- določiti značilnosti obrežnega pasu in zaledja na izbranih odsekih reke Save;
- prepoznati posege, ki so bili izvedeni na izbranem odseku reke Save;
- zabeležiti prisotnost drugih rastlinskih taksonov na izbranem odseku reke Save;
- določiti prisotnost in pogostost invazivnih tujerodnih vrst v izbranem delu obrežnega pasu reke Save;
- primerjati svoje rezultate s podatki, ki so bili pridobljeni pred posegi v obrežno vegetacijo reke Save zaradi gradnje hidroelektrarn.

## 1.2 Raziskovalne hipoteze

Z raziskovanjem v posameznih odsekih spodnjega dela reke Save želimo potrditi oz. zavreči naslednje hipoteze.

- a) Posegi v rečni breg razvrednotijo obrežni pas in s tem olajšajo naselitev ter širjenje invazivnih tujerodnih taksonov rastlin.
- b) Širjenje invazivnih tujerodnih vrst rastlin v obrežje reke Save je večje, če so v zaledju obdelovalne površine.
- c) V odsekih, kjer je primarna obrežna vegetacija manj spremenjena, je manj invazivnih tujerodnih vrst rastlin.
- d) Posamezne invazivne tujerodne vrste rastlin se pojavljajo v enovrstnih sestojih, ki se širijo v zaledje.
- e) Vzdolž pregledanega dela reke Save se spreminja sestava invazivnih tujerodnih vrst rastlin.

## 2 PREGLED OBJAV

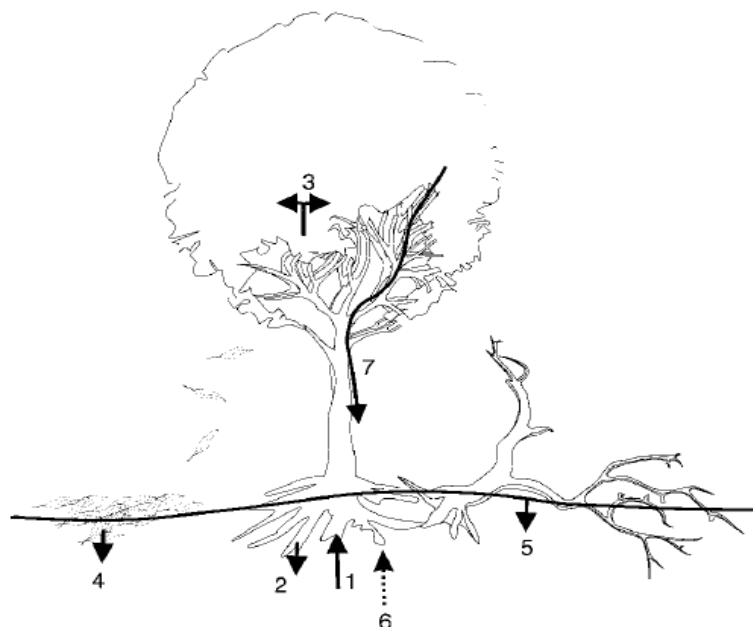
### 2.1 OBREŽNI PAS IN OBREŽJE

V latinščini se obrežni pas (OP) imenuje *riparius*, kar pomeni pripadati bregu reke. Samo območje obrežja je bilo prvič opisano leto 1936 kot »koridor«, kjer se sistem strukturno in funkcionalno spreminja v času in prostoru (Naiman in Decamps, 1997). Obrežni pas se nanaša na biocenozo na obrežju vodotokov in jezer. Naravna obrežja so ena najbolj dinamičnih, raznolikih in po fizikalnih značilnostih zapletenih habitatov na Zemlji (Naiman in sod., 1993).

Obrežni pasovi so raznoliki mozaiki mikroreliefnih oblik, saj naravne motnje ustvarjajo prostorski in časovni mozaik okolja. Prostorski obseg obrežnega pasu je težko določiti, ker je heterogenost izražena v vseh življenjskih strategijah in sukcesijskih vzorcih, medtem ko so funkcionalne lastnosti odvisne od združbe. Po mnenju nekaterih avtorjev obrežni pas predstavlja del ob vodotoku ali stoječi vodi, ki je med nizkim ter visokim vodostajem, kjer na vegetacijo vplivajo visoki vodostaji ali poplave, ter lastnostjo tal, da zadržijo vodo (Naiman in sod., 1997).

Po vsem svetu so obrežni pasovi predstavljeni kot kritični habitati, ki so pomembni za ohranjanje celovite narave. Zmanjšujejo erozijo in so življenjski prostor ter zatočišče za številne vrste. Drevesa v obrežni vegetaciji zagotavljajo celovitejšo koreninsko strukturo in so uspešnejša pri preprečevanju erozije kot trajnice (Levin in sod., 2003). Bren (1993) meni, da obrežna vegetacija blaži kinetično energijo vode.

Obrežna vegetacija ima vlogo filtratorja hranil s kmetijskih površin, s čimer izboljšuje kakovost vode v vodotoku.



Slika 1: Vloga obrežne vegetacije pri ohranjanju kakovosti vode v vodotoku (1 - neposreden vnos hranil preko korenin; 2 - izločanje snovi iz korenin; 3 - skladiščenje mineralnih in organskih snovi; 4 - sproščanje hitro razpadajočih snovi iz odpadov; 5 - počasno sproščanje snovi iz odmrlih delov; 6 - posreden vnos preko simbiotskih organizmov kot so bakterije in glive, 7 - spiranje polutantov in naravnih spojin na površino rastline (Tabacchi in sod., 2000: 13)

Figure 1: The role of vegetation in maintaining water quality in the stream (1 - direct nutrient uptake via roots; 2 - root excretions; 3 - storage and concentration of mineral and organic components; 4 - fast decomposing organic matter release from refuse; 5 - slow decomposing organic matter release from woody debris; 6 - indirect uptake through symbiotic associations (bacteria and fungi); 7 - leaching of pollutants and natural compounds onto the surface of the plant) (Tabacchi et al., 2000: 13)

V primerjavi z ostalimi rastlinskimi združbami je v obrežni vegetaciji visoka produktivnost, zato te rastline med rastjo uspešneje privzemajo hranila iz tal in podtalnice (Tabacchi in sod., 1996).

Posredni vpliv rastlin v obrežnih pasovih se kaže v kroženju snovi in s tem na kakovosti vode. Organske snovi so hrana za heterotrofne (npr. denitrifikacijske) bakterije in se prenašajo v simbiozi med rastlinami ter glivami in bakterijami (Allen, 1992). S tem je rastlinam preko posrednikov omogočena raba hranil, kot so atmosferski dušik in amonijak. Hranila, ki so shranjena v rastlinah, se sprostijo z razgradnjo organskih snovi (Tabacchi in sod., 1996).



Odmrli deli obrežne vegetacije so vir ogljika, ki se sprošča med različnimi stopnjami razgradnje (npr. fizično izpiranje, aktivna mikrobiološka razgradnja). Listi in stebela se v primerjavi z debli hitro razgradijo, medtem ko počasneje poteka tudi razgradnja listov vednozelenih vrst in vrst, ki vsebujejo veliko taninov (Jordan in sod., 1989).

Iz obrežnih rastlin se lahko sproščajo različne spojine, kot so: ioni, soli, fenoli, tanini in alkaloidi z alelopatskimi lastnostmi (Billings in Sherman, 1998).

V obrežnem pasu ITV dosegajo visoke gostote osebkov, kar je povezano z degradacijo obrežnih habitatov (Richardson in sod., 2007). Dovzetnost obrežnih območij za naselitev ITV se kaže v znatni okoljski heterogenosti, ki jih poleg človekove dejavnosti ustvarijo zmerne poplave, ki so značilne za ta območja (Pyšek in Prach, 1993; Naiman in Decamps, 1997).

OP ima velik ekološki pomen, zato je poznavanje njegove ranljivosti pomembno pri obnovi vodnih ekosistemov.

### 2.2.1 Značilnosti rastlin obrežnega pasu

Preživetje v obrežnem pasu je izziv tudi za odporne vrste, saj so te rastline izpostavljene tudi poplavam, eroziji, abraziji, suši, zmrzali in občasno toksičnim koncentracijam amonijaka. Za preživetje v ekstremnih razmerah so razvile dvoje življenjskih strategij:

- a) preživetje v ekstremnih razmerah;
- b) izogibanje ekstremnim razmeram (Grime, 1979; Agee, 1993, cit. po Naiman in sod., 1993).

Tako ločimo 4 skupine rastlin:

- osvajalke (invazivke – proizvajajo veliko število propagul, ki jih raznaša veter ali voda, da kolonizirajo naplavljen substrat);
- vrste, ki vztrajajo po poškodbah (ob poškodbah, ki nastanejo ob zasutju, poplavi ali obžiranju se obnovijo);
- vrste, odporne na poplave (prilagojene poplavam v rastni sezoni) ter
- vrste, ki se izogibajo posameznim motnjam (na posamezne motnje niso razvile prilagoditve, v neugodnem habitatu ne preživijo) (Naiman in sod., 1997)).

Morfološke prilagoditve, ki omogočajo tem rastlinam zadostno oskrbo s kisikom, vključujejo aerenhim v koreninah in stebli ter razvoj korenin nad anaerobno cono.

Vrste iz rodu *Populus* in *Salix* so odporne na velike strižne sile vode ob poplavah. Poplave se pojavijo pogosto takrat, ko so rastline brez listov, kar dodatno zmanjša možnost poškodb (Fetherston in sod., 1995).

Obrežnim rastlinam preživetje omogoča spolno in nespolno razmnoževanje, velikost semen, čas mirovanja, mehanizem za razširjenje semen ter dolga življenjska doba. Veliko obrežnih rastlin se razmnožuje vegetativno in z vodo razširja razmnoževalne strukture.

## 2.1.2 Življenjske oblike rastlin obrežnega pasu

Rastline, ki uspevajo v obrežnem pasu, lahko razdelimo na različne načine. Ena od možnosti so Raunkiaerjeve življenjske oblike (1934). Po tej starejši in ekološko še vedno primerni metodi rastlinske vrste razdelimo glede na način preživetja ob neugodnih razmerah (preživetje sušnega in/ali mrzlega obdobja) (Eler, 2007). Kriterij, ki se uporablja za razvrstitev, je predvsem lega oz. zaščitenost brstov (popkov), iz katerih se razvijejo novi poganjki (Martinčič in sod., 2007). Tako rastline obnovijo populacijo po koncu neugodnih razmer.

Rastline razdelimo v 6 osnovnih (Raunkierjevih) življenjskih oblik:

- fanerofiti (lesnate rastline, ki imajo brste vsaj 20 cm nad tlemi in so zaščiteni z luskolisti);
- hamefiti (polgrmi, pritlikavi grmički, preprogasti grmički, blazinaste trajnice in pritlikavi sukulenti, ki imajo brste običajno 5–10 cm nad tlemi, zaščito pa jim predstavljajo sneg in odmrli rastlinski deli);
- hemikriptofiti (zelnate trajnice, ki imajo brste na površini tal, zaščitene z odmrli deli in snegom, saj nadzemni deli odmrejo);
- terofiti (enoletna zelišča, ki zimo ali sušo preživijo v obliki trpežnih semen) ter
- geofiti (zelnate trajnice, katerim ob nastopu neugodnega obdobja nadzemni deli odmrejo, v tleh pa ostanejo organi, v katerih so nakopičene rezervne snovi).

Fanerofiti so uspešni tam, kjer so motnje manj pogoste in vegetacijsko obdobje dovolj dolgo. Hemikriptofiti in geofiti se pojavljajo v območjih, ki so podvržena sezonski suši, požarom ali stalnim motnjam zaradi herbivorov. Ko nastopijo ugodne razmere, začnejo hitro rasti. Kadar v flori prevladujejo enoletnice, je to znamenje nestabilnosti rastišča oziroma vpliva človeka (Turk, 1990).

Po Raunkierju večina rastlin slovenske domorodne flore pripada hemikriptofitom. Razpon posamezne življenjske oblike, najdene v vegetaciji nekega območja, ne kaže le prilagojenosti te rastline podnebnju, ampak določa prisotnost možnih stresorjev in njihov vpliv na ekosistem. Npr. po raziskavi obrežne vegetacije jezera naj bi se

hemikriptofiti pojavljali tam, kjer je zemlja občasno nasičena z vodo in ima obenem večino časa zadosti zračnosti (Nikolić in sod., 2011).

### **2.1.3 Vpliv gradnje hidroelektrarn na obrežno vegetacijo**

Zajezitev rek in potokov povzroči negativne vplive na kopenske in vodne ekosisteme. Spremembe nastanejo v hidrološkem režimu, kvaliteti vode in premeščanju sedimentov. Sama zajezitev prekine rečni kontinuum, negativno vpliva na fizikalne procese, spremeni se pogostost poplav (Ledec in Quintero, 2003). Ob tem je neposredno prizadeta še prisotna obrežna vegetacija, saj so rastline odvisne od razmer, ki jih povzroči redno nihanje vodne gladine. Visok vodostaj povzroči vlaženje tal. S tem pa je preprečena rast drugim konkurenčnim rastlinam, omogočeno je raznašanje semen, kalitev in preživetje sejancev. Ker je gladina akumulacije precej višja, kot je bila gladina vode v strugi, je v vmesnem prostoru obrežna vegetacija potopljena (Tellman in sod., 1997).

Do uničevanja obrežne vegetacije pride med gradnjo, kar navadno omogoča naselitev tujerodnih rastlinskih vrst, ki na golih površinah nadomestijo domorodne vrste rastlin (Kattelman in sod., 1996).

Velika verjetnost za invazijo je še med izgradnjo dostopnih poti, ki vegetacijo uničijo ali pa pride do njene fragmentacije. Omenjeni posegi vodijo tako v zmanjšanje biološke raznovrstnosti kot tudi do pojava erozije. Tako spremenjene hidrološke razmere skupaj z uničenjem domorodne vegetacije omogočajo naselitev ITV (Tellman in sod., 1997).

Rastline obrežnega pasu so izpostavljene tudi vplivom, ki nastanejo zaradi upravljanja s pretokom. Do večjih neskladij pride ob spuščanju večjih količin vode in med praznjenjem akumulacij. Ob teh dogodkih so rastline izpostavljene večji količini sedimentov, ki jih lahko poškodujejo, prekrijejo ali odtrgajo od tal. Negativen vpliv predstavljajo povečane količine polutantov, npr. živega srebra, ki se odlaga skupaj s sedimentom (Davide in sod., 2003).

## 2.2 INVAZIVNE TUJERODNE VRSTE RASTLIN

Jogan (2005) je invazivne tujerodne vrste rastlin opredelil kot tujerodne vrste rastlin, ki hitro širijo novi areal, tako da s svojo prisotnostjo ter pogostostjo povzročijo opazne spremembe v strukturi in/ali funkciji ekosistema. Značilno za njih je, da imajo veliko produkcijo semen, uspevajo v veliki oddaljenosti od starševskega areala in imajo potencial razširjanja na velikih območjih (Richardson in sod., 2002).

Prvi, ki je omenjal ekološki pomen rastlinskih invazivk, je bil Charles Darwin, ki je leta 1845 to razlagal na primeru osata iz argentinske pampe. Prispevek, ki ga Elton objavi leta 1958, se šteje za začetek raziskovanja invazivne ekologije. Raziskovalci so tedaj začeli iskati splošne vzorce in mehanizme, odgovorne za rastlinsko invazijo (Baker, 1965).

Prve raziskave na tem področju so bile opravljene šele leta 1980. Takrat so analizirali:

- dejavnike, ki določajo, da vrsta postane invazivna;
- lastnosti habitatov, ki olajšajo naselitev invazivkam;
- uporabo rezultatov teh raziskav za doseg učinkovitega upravljanja.

Leta 1992 so v Konvenciji o biološki raznovrstnosti v Riu formalno potrdili problem invazivnih vrst. V 8. členu so zapisali, da je potrebno zagotavljati kontrolo nad invazivnimi vrstami ali odstraniti tiste tuje vrste, ki ogrožajo ekosisteme, habitate ali ostale avtohtone vrste (Anon, 1992, cit. po Richardson in sod., 2000).

Združeni narodi so leta 1997 osnovali GISP (GLOBAL INVASIVE SPECIES PROGRAMME), ki daje pomoč upravljaljskim tehnikam iz različnih delov sveta, ki so se izkazale za učinkovite.

Vrste, ki se širijo iz svojih domorodnih arealov, so razdelili v več skupin:

- NEAVTOHTONA VRSTA – vrsta, ki je najdena izven njenega areala razširjenosti direktno ali indirektno zaradi vpliva človeka;
- NATURALIZIRANA VRSTA – rastline, ki same preživijo na neizvornem območju naselitve;
- KULTIVIRANA VRSTA – neavtohtona vrsta, katere obstoj je odvisen od pomoči človeka (kmetijstvo, hortikultura);

- INVAZIVNA VRSTA – vrsta, ki se razširi iz njenega naravnega areala razširjenosti;
- TRANSFORMER – invazivna vrsta s pomembnim ekološkim vplivom.

Včasih zelo težko razlikujemo med naturalizirano in invazivno vrsto (Richardson in sod., 2000).

### **2.2.1 Dinamika invazivnosti invazivnih tujerodnih vrst rastlin**

V osemdesetih in začetku devetdesetih let 20. stoletja je veliko invazivnih tujerodnih vrst rastlin v Evropi močno povečalo svojo razširjenost (Pyšek in sod., 1993). Zanje je značilno, da se pojavljajo v večjih gostotah in so učinkovitejše kot v svojih domačih območjih (Crawley, 1987; Noble, 1989). Pogosto v novih habitatih razvijejo celo drugačne oblike, spremenijo razmnoževalne vzorce ter tako uspešno tekmujejo z domorodnimi vrstami rastlin (Schnitzler in sod., 2007). Tvorijo klonske sestoje, ki zmanjšajo lokalno raznolikost vrst (Dassonville in sod., 2007; Hulme in Bremner, 2006). Same klonske lastnosti pa vneseni rastlini povečajo učinek ali/in invazivnost.

Invazivne vrste večinoma naselijo habitate v kulturni krajini in obrežnem pasu rek, od koder se širijo v polnaravne združbe (Bimova in sod., 2001). Številni primeri kažejo, da spremenjena dinamika obrežnih pasov omogoči naselitev in širjenje ITV (Cowie in Werner, 1993; Decamps in sod., 1995). Ta mesta je težko nadzorovati, so pa pomembna za širjenje razmnoževalnih struktur.

Sam vstop invazivnih vrst v nov ekosistem poteka v dveh korakih:

#### **1. Prihod in poselitev**

Razširjanje invazivnih tujerodnih vrst rastlin je rezultat povečane dejavnosti človeške populacije in rabe virov.

#### **2. Naturalizacija in invazija**

Odkritih je bilo več dejavnikov, ki omogočajo, da se vnesena vrsta začne širiti in postane dominantna (vrsta z večjo fenotipsko in genotipsko plastičnostjo). Tako sta Siemann in Rogers (2001) našla dokaze, da invazivna populacija dreves kaže zmanjšano proizvodnjo spojin za obrambo pred rastlinojedi na račun povečane rasti in zgodnejše proizvodnje semen.

Uspešne invazivne vrste imajo sposobnost, da proizvajajo več biomase, kar pripomore k njihovim sposobnostim, da prevladajo nad domorodnimi vrstami. Domorodne vrste usmerijo več energije v proizvodnjo obrambnih snovi proti škodljivcem in zajedavcem (Blossey in Notzöld, 1995).

Na invazivno širjenje vplivajo tudi medvrstne povezave. Spodnja shema prikazuje odnose med strukturo krajine in fazami rastlinske invazije (With, 2002).

Preglednica 1: Posamezne stopnje invazije in učinki v krajini

Table 1: Stages of the invasion and the effects of landscape

<b>Stopnja invazije</b>	<b>Učinki v krajini</b>
<b>VNOS</b>	Vrste izbira človek. V krajini nastanejo vzorci, ki so povezani s selekcijo vrst.
<b>USTALITEV</b>	Vzorci v krajini so odvisni od preživetja osebkov.
<b>NATURALIZACIJA</b>	Struktura habitata olajša uspešno reprodukcijo (npr. navzkrižno opraševanje je omogočeno pri večji gostoti populacije).
<b>RAZŠIRJENJE POPULACIJE</b>	Razširjanje iz primarnega območja (fragmentacija habitata).
<b>INVAZIVNO RAZŠIRJANJE</b>	Presežen je kritičen prag in vrsta postane invazivna.

## 2.2.2 Značilnosti in posledice vdora invazivnih tujerodnih vrst rastlin

Maron in Monserrat (2001) navajata, da so tujerodne vrste postale invazivne, ker se niso razvijale skupaj s svojo domorodno floro in favno. Zaradi tega imajo na novi lokaciji malo ali nič škodljivcev oz. plenilcev. V primerjavi z domorodno vegetacijo imajo na novih lokacijah boljši način za pridobivanje osnovnih virov (vode in sončne svetlobe) in so tako boljši tekmeči. Značilno za njih je, da se hitro prilagodijo novemu okolju. Imajo pa lahko še nekatere druge prednosti:

- uspešno in hitro razmnoževanje;
- hitra rast;
- kratek generacijski čas;
- sposobnost zasedanja različnih habitatov;
- sposobnost prilagajanja spreminjajočemu se okolju;
- učinkovito širjenje semen;
- proizvodnja snovi, ki so za druge strupene ali alergene.

ITV imajo negativen vpliv na ekosistemske storitve. Zaradi neugodnega delovanja vplivajo na gospodarstvo, okolje, naravo in ljudi. Gospodarski učinki se odražajo v spremembah proizvodnje, vzdrževanja in kakovosti storitev. Vplivi na okolje se kažejo v strukturi in funkciji ekosistemov (izguba biotske raznovrstnosti in edinstvenih habitatov); socialni vplivi se nanašajo na zdravje in varnost ljudi, izgubo rekreacijskih površin, kulturne dediščine in druge socialne strukture (Charles in Dukes, 2008).

Invazivne vrste so bile do leta 1998 v Strategiji za ohranjanje biotske pestrosti opredeljene kot grožnja in leta 2002 je Evropska komisija (Svet za okolje) ITV priznala kot vzrok za izgubo biotske raznovrstnosti ter vzrok za škodo v gospodarstvu in negativne vplive na zdravje. Dobro so proučeni učinki ITV na biotsko raznovrstnost, manj pa vemo o mehanizmih, ki vodijo do teh učinkov (Levine in sod., 2003). Strukturo rastlinske združbe invazivne rastline spreminjajo z učinkovitim izkoriščanjem virov ali/in motnjo rastlin, ki sobivajo na rastišču (npr. z alelopatijo) (Callaway in Ridenour, 2004).

Levin s sodelavci (2003) izpostavlja vpliv ITV na kroženje vode (npr. spremembe v evapotranspiraciji). Ti vplivi so večji, če se ITV razlikujejo od domorodnih vrst po obsegu



transpiracije, indeksu listne površine, biomasi fotosinteznega tkiva, globini ukoreninjenja in fenologiji.

Plastičnost ITV omogoča njihovo aklimatizacijo na okoljske danosti, zato te vrste dosegajo večjo vitalnost kot domorodne vrste. Vendar ITV ne vplivajo na vse habitate enako (Cheplick, 2006; Richardson in sod., 2007).

### **2.2.3 Pojav hibridizacije med invazivnimi tujerodnimi vrstami rastlin**

Vedno večje število ITV v številnih regijah in stalni posegi v naravnih ekosistemih spodbujajo križanje med domorodnimi ter tujerodnimi vrstami (Vila in sod., 2000). Proces invazije se lahko sproži zaradi hibridizacije, do katere pride ob križanju med domorodnimi vrstami ali med domorodno in tujerodno oz. med dvema tujerodnima vrstama. Interspecifična hibridizacija povzroči povečanje genske pestrosti in ustvarjanje novih kombinacij genov, s čimer se spodbuja genetska diferenciacija med populacijami invazivnih tujerodnih vrst na določenem območju (Krebs in sod., 2010).

Pozitivni učinki hibridizacije se kažejo v invazivnosti, hitrejši rasti, povečanju velikosti rastlin in večji agresivnosti (Lee, 2002, cit. po Weber in Schmidt, 1998). Med rastlinami se uspešno širijo aloploidni hibridi (Ellstrand in Schierenbeck, 2000). Spontana hibridizacija je pogosta v nekaterih družinah (Ellstrand in sod., 1996). Zaradi povečane heterozigotnosti so poliploidne rastline uspešnejše kot diploidni hibridi. V Evropi se je uspešno naturalizirala le tetraploidna vrsta *Solidago gigantea*. Med izvornimi vrstami in križanci obstajajo razlike v času cvetenja, opravevanja in širjenja semen. Večja uspešnost hibridov se kaže v večji odpornosti na povzročitelje bolezni in rastlinojedce (Weber in sod., 1998).

Agresivno širjenje hibridnih taksonov povzroči zmanjšano rast ali zamenjavo alohtonih vrst. Glavni dejavnik, ki spodbuja širjenje hibridnih vrst, je človek s povzročanjem razdrobljenosti in drugih motenj v habitatih (Vila in sod., 2000).

#### **2.2.4 Učinki invazivnih tujerodnih vrst rastlin v obrežnem pasu**

Ena od značilnosti obrežnih ekosistemov so pogostejše in intenzivnejše motnje, kar predstavlja probleme za ohranjanje biotske raznovrstnosti in delovanje ekosistema pri soočanju s povečanim vplivom človeka (Richardson in sod., 2007).

ITV so v teh območjih še posebej nadležne, saj nimajo osnovnih struktur za preprečevanje erozije. Prav tako njihova prisotnost ne omogoča ugodnih habitatnih razmer za razvoj vodnih žuželk in rib. Invazivke negativno vplivajo na strukturo ekosistema in delujejo negativno na habitate po vsem svetu z zmanjšanjem biodiverzitete domorodnih vrst, s spreminjanjem vodnega in požarnega režima, spreminjanjem stanja hranil v tleh ter spreminjanjem geomorfoloških procesov (MacDougall in Turkington, 2005).

Obrežni ekosistemi so zaradi pogostih motenj dovzetnejši za ITV (Stohlgren in sod., 1998). Naravno prisotne občasne poplave, pa tudi posegi uničijo naravno vegetacijo in ustvarijo razmere za kolonizacijo rastlin. Eden glavnih razlogov širjenja ITV je človekova dejavnost. Vendar moramo ob tem upoštevati dejstvo, da od vseh vnesenih vrst preživi le 10 %, pri čemer jih le desetina postane invazivnih (Richardson in sod., 2007).

### **3 MATERIAL IN METODE**

#### **3.1 OBMOČJE RAZISKAVE**

Obrežno vegetacijo smo popisovali v spodnjemu toku slovenskega dela reke Save. Tako imenovano območje Spodnje Save se začne pri Suhadolu nad izlivom Savinje (Bat in Frantar, 2009). Odsek Save od Zidanega Mosta do Krškega meri 35 km. Ozemlje, ki pripada porečju na tem območju, je hribovito in gričevnato, z malo sklenjene ravnine. Med Radečami in Kompeljami je prodno dno široko več kot 1 km, med Sevnico in Brestanico pa po nekaj 100 m. Za Krško kotlino je značilen prodnato peščeni vršaj (Šikić, 1972; cit. po Bat in Frantar, 2009). Struga Save je od Krškega do izliva Krke in naprej do hrvaške meje zravnana in obdana s protipoplavnimi nasipi (Bat in Frantar, 2009).

V Savi je največ vode običajno oktobra in novembra, spomladi pa maja in junija. Najnižji vodostaji so poleti. Rečni pretoki in hitrost vodnega toka močno nihajo v odvisnosti od padavin. Rečna struga je ponekod regulirana, ravno tako se pojavljajo brežine, urejene s kamnometi (Govedič in sod., 2008).

V Spodnjo Savo se izlije okoli 100 pritokov. Največji med njimi so: Savinja, Sopota, Sevnica, Mirna, Brestanica, Močnik, Krka, Sotla, Bregana (Bat in Frantar, 2009).

### 3.1.1 Podnebje in tla v spodnjem toku reke Save

Območje, kjer smo proučevali obrežno vegetacijo, pripada trem regijam v Slovenji. Zgornji del popisnega območja do izliva reke Mirne v Savo je v Posavskem hribovju, nato sledijo Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje, v zadnjem delu v Sloveniji pa Sava teče skozi Krško ravan.

V Posavskem hribovju je količina padavin med 1200 in 1300 mm, največ jih pade marca, aprila in novembra, najmanj januarja in februarja. Podnebje je celinsko, povprečna temperatura med 8 in 10 °C, najtoplejši mesec je julij (Perko in Orožen Adamič, 1998).

Tip tal v tem predelu je odvisen od kaminske podlage. Na terasah in aluvialnih ravninah Save so plitva in srednje globoka karbonatna obrečna tla.

Za območje Krškega, Senovškega in Bizeljskega gričevja je višek padavin aprila in novembra, nižek pa avgusta in januarja. Tip podnebja je celinski, količina padavin pa se znižuje od zahoda proti vzhodu in od severa proti jugu. Povprečna temperatura je med 9 in 10 °C. Spomladi se v dolini Save in Krški kotlini zadržuje hladen zrak, višje v gričevju je topleje. Značilnost zimskih dni ob Savi je tako hladen inverzijski zrak. Na leto je kar 80 dni z meglo (Senegačnik, 1998).

Sava, Sotla, Mirna ter vsi potoki redno poplavlajo. Največja poplavna območja so ob stiku dolin potokov s Krško ravnjo. Med Senovskim in Krškim gričevjem so na peščenih in prodnatih nanosih nastale obrečne prsti, na katerih prevladujejo travniki in njive.

Krška ravan predstavlja najbolj južno pokrajino slovenskega panonskega sveta. Meja z Bizeljskim in Krškim gričevjem teče ob južnem vznožju gričevja, od vzhoda proti zahodu do izliva potoka Zavetršnice v Krko. Za to območje je značilno celinsko podnebje z okrog 1100 mm padavin letno. Viški padavin so junija in novembra, nižki pa januarja in oktobra. Samo območje je zaradi pihanja fena vetrovno, kar pa zmanjšuje vlažnost in povečuje sušo. Povprečna letna temperatura je 9 do 10 °C, julijska okrog 20 °C (Perko in Orožen Adamič, 1998, cit. str. 664).

Površine ob Savi so porasle z vrbami, jelšami in topoli ter so ob poplavih ogrožene. Na sami Krški ravnici so se na pleistocenskem produ razvila rjava tla, ki veljajo za najbolj rodovitna in zato tam prevladujejo njive. Njive že ležijo nad poplavnim svetom na Krškem in deloma Brežiškem polju (Perko in Orožen Adamič, 1998, cit. str. 668).

Na osrednjem delu Posavja je med 1400 mm in 1800 mm padavin. Na krško–brežiški ravnini je kontinentalno podnebje in padavin je le še nekaj nad 1000 mm. Kar 2/3 padavin izhlapi – letno med 650 in 850 mm. Večinoma območje prekrivajo obdelovalne površine, le na poplavnem območju Vrbine prevladuje log (Frantar in sod., 2008).

V reko se stekajo industrijske odplake, spirajo kmetijske površine, izmerili so tudi povečane vsebnosti organskih spojin in pesticidov (Cvitanič in Sodja, 2008).

### **3.1.2 Značilnosti spodnjėsavske krajine**

V spodnjem delu slovenskega dela reke Save se dolina razširi v polja (Hotemež, Kompolje, Pijavško). Na njih prevladujejo intenzivno obdelovane njive (prevladuje koroza), manj je zelenjavnih njiv. Prisotne so tudi njive z omežki in ozarami. Naselja obkrožajo manjši sadovnjaki, med katerimi še prevladujejo senožetni ekstenzivno gojeni ter zelenjavni vrtovi. V Loki pri Zidanem Mostu so na nekdanjih hmeljiščih nizkostebelni sadovnjaki. Poleg štirih večjih naselij (mesta Radeče, Sevnica, Krško in Brežice) so predvsem na robovih polj številna manjša naselja vaškega značaja (Vrhovo, Orehovo, Log, Kompolje, Blanca ...). Naselja na tem območju so razporejena po ježah nad ravnico (Bat in Frantar, 2009). Ob stanovanjskih objektih se raznolike vrste pojavljajo v številnih okrasnih vrtovih. Pionirske, predvsem ITV, poseljujejo železniške nasipe, neobdelane oziroma opuščene površine, robne predele delujočih industrijskih con ter cestne robove. Tudi pokopališča (Vrhovo, Šentjur na Polju) imajo svojevrstno floro (Žolnir, 1984).

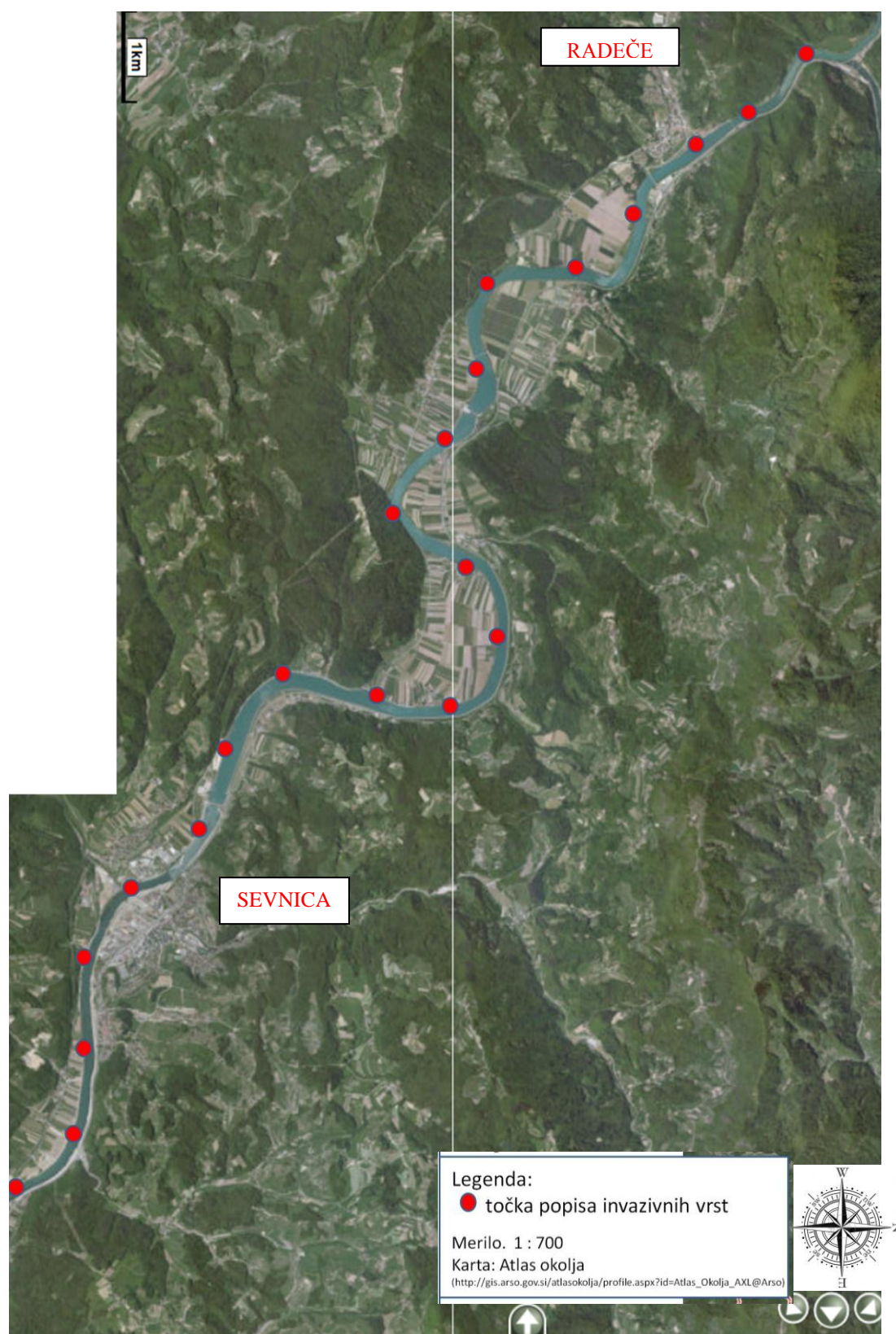
### 3.2 POPIS ZNAČILNOSTI OBREŽNEGA PASU

Značilnosti obrežnega pasu ob reki Savi smo popisovali v avgustu in septembru leta 2008. Rastlinske vrste smo popisovali na mestih, ki so bila medsebojno oddaljena 1000 m. Na 1000-metrski popisnem mestu je popisna ploskev zajemala 50 m po toku navzgor ter 50 m po toku navzdol. Vrste smo določali s pomočjo knjige Mala Flora Slovenije (Martinčič in sod., 2007). Na samem popisnem mestu smo ocenili hitrost vodnega toka, rabo zemljišča neposredno za obrežno vegetacijo, širino cone obrežne vegetacije, sklenjenost obrežne vegetacije, tip obrežne vegetacije znotraj 10 m pasu ob strugi, obliko struge, spremembe rečne struge, strukturo bregov, vrsto posegov v rečni breg, prisotnost morebitnega spodjedanja bregov, značilnosti brzic in tolmunov ali meandrov, značilnosti vodne vegetacije ter izrabo tal v zaledju.

Pri ITV v obrežnem pasu smo popisali naslednji značilnosti: prisotnost ITV v obrežnem pasu in pojavljanje ITV glede na del obrežnega pasu. Za posamezno ITV smo določili še naslednje parametre: gostoto rastlin, pogostost vrst, ocenili smo pokrovnost rastlin na popisni ploskvi, vitalnost rastline in življenjsko obliko.

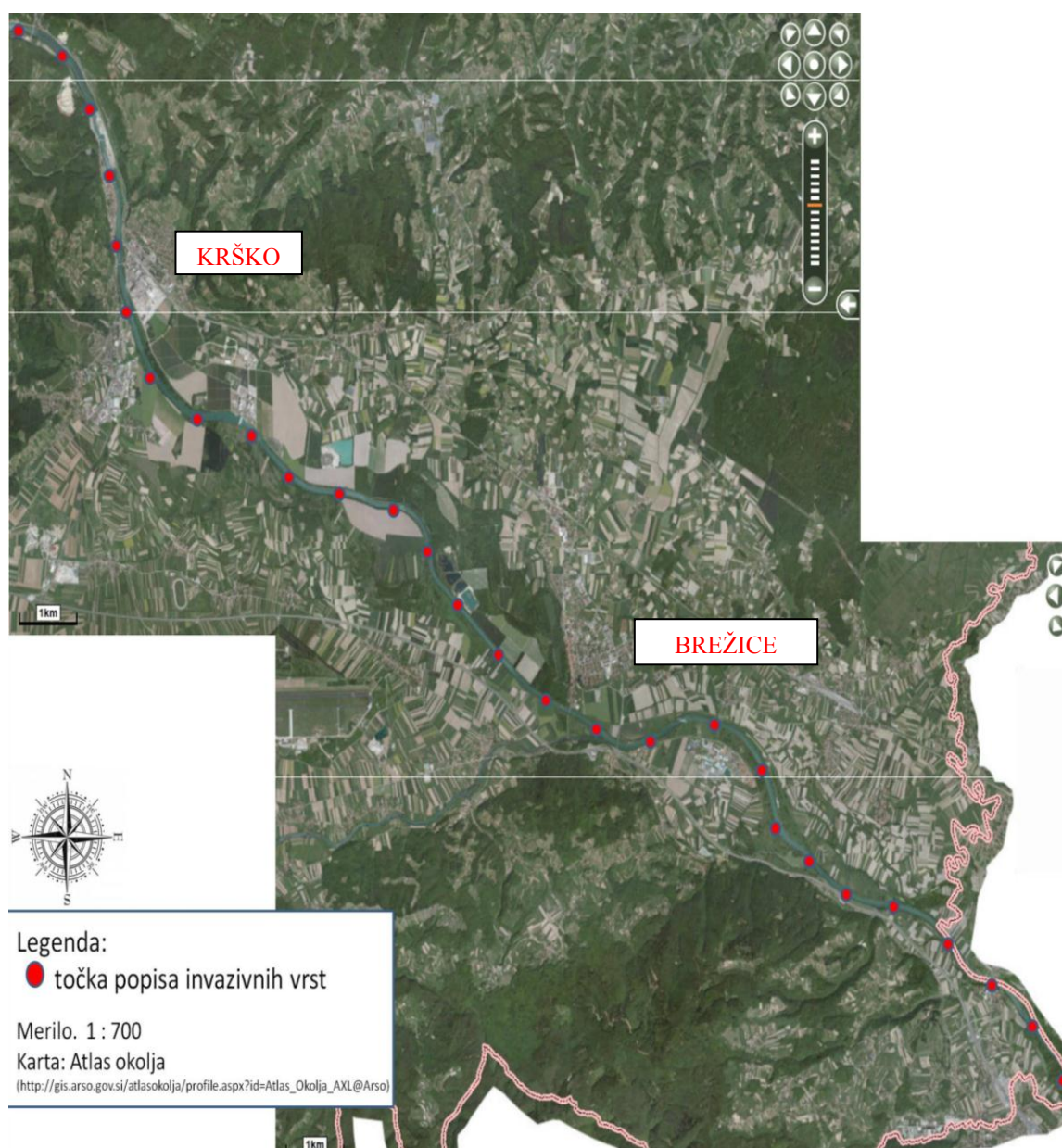
Primarna raziskava je potekala leta od avgusta do oktobra 2008. Leta 2013 smo opravili ponoven pregled terena in preverili morebitno prisotnost novih ITV. Glede na izsledke članka (Strgulc Krajšek in Jogan, 2011) smo posebno pozornost namenili rodu *Fallopia*, saj leta 2008 nismo razlikovali med taksonoma *Fallopia japonica* in njenim križancem *Fallopia x bohemica*.

Za popis smo izdelali obrazec, ki je prirejen na osnovi RCE metode (Petersen, 1992).



Slika 2: Karta popisnih mest na spodnjem delu reke Save v Sloveniji: 1–21

Figure 2: Map of surveyed locations at the lower part of the river Sava in Slovenia 1–21



Slika 3: Karta popisnih mest na spodnjem delu reke Save v Sloveniji 22–55

Figure 3: Map of surveyed locations at the lower part of the river Sava in Slovenia 22–55



### 3.3 ŽIVLJENJSKE OBLIKE RASTLINSKIH VRST V OBREŽNI VEGETACIJI

Življenjske oblike se tradicionalno uporabljajo za opis vegetacije, vendar jih lahko v nekaterih primerih uporabljamo na ravni združb. Predvsem je to zaželeno takrat, ko so naravna okolja degradirana. Podatki o življenjskih oblikah nam povedo več o značilnostih vegetacije OP v primerjavi z navadnimi florističnimi popisi (Kent in Coker, 1992).

Pri opredelitvi življenjske oblike taksona smo kot vir uporabljali Malo floro Slovenije (Martinčič in sod., 2007).

Preglednica 2: Oznake za življenjske oblike rastlin

Table 2: Markings for plants life forms

Življenjska oblika	Okrajšava
Fanerofit	Fa
Hamefit	Ha
Hemikriptofit	He
Geofit	Ge
Terofit	Te

Na vseh 55-ih odsekih smo popisali še vse vrste rastlin ter tako njim kot invazivnim tujerodnim vrstam rastlin določili po Mali flori Slovenije (Martinčič in sod., 2007) življenjske oblike. Naredili smo seznam vseh rastlinskih taksonov po popisnih mestih. Rezultate smo obdelali v programu Excel 2007.

### 3.4 SEZNAM PRIČAKOVANIH INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST RASTLIN V OBREŽNI VEGETACIJI SPODNJEGA DELA REKE SAVE

Leta 2008 smo na podlagi predstavljenih ITV v članku (Jogan, 2005) in Gradiva za Atlas flore Slovenije (Jogan in sod., 2001) izdelali seznam pričakovanih ITV v obrežni vegetaciji spodnjega dela reke Save in ga predstavili v Preglednici 3.

Preglednica 3: Seznam pričakovanih invazivnih tujerodnih vrst rastlin v obrežni vegetaciji Posavja  
Table 3: List of expected invasive alien plants species in riparian vegetation of Posavje

Slovensko ime	Latinsko ime/ botanična družina	Življenjska oblika	Značilnosti, ki omogočajo invazijo
amerikanski javor	<i>Acer negundo</i> L. (Aceraceae)	<b>Fa</b>	Uspeva na različnih tipih tal; najbolj mu ustrezajo vlažna, peščena in dobro prepustna tla. Dobro prenaša mraz, obilo vlage (tudi poplave), slana tla in sušo. Zaradi široke ekološke valence je pionirska vrsta, ki se uspešno širi na obrečnih rastiščih in opuščenih površinah (Berus, 2004).
veliki pajesen	<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle (Simaroubaceae)	<b>Fa</b>	Uspešno širjenje mu omogoča visoka produkcija semen (letno do 350 tisoč), hitra rast, proizvodnja alelopatskih snovi v lubju in listju. Ima močan koreninski sistem. Najbolj pogost je v urbanih habitatih, kolonizira tudi naravne habitate (Kowarick in Saumel, 2007).
pelinolistna žvrklja, ambrozija	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> (L.) (Asteraceae)	<b>Te</b>	Uspešno kolonizacijo ji omogoča široka ekološka toleranca do različnih habitatov, tudi tistih, kjer so prisotne motnje in so za ostale rastline neugodni. Naseli se lahko med spomladanske rastline, na vse polnaravne oz. motene odprte površine. Njena sposobnost je naselitev vseh prostih ekoloških niš, ki jih slabo zaraste avtohtona vegetacija (Fumanal in sod., 2008).
črnoplodni mrkač	<i>Bidens frondosa</i> (L.) (Asteraceae)	<b>Te</b>	Širi se po mokrotnih travnikih, poplavnih gozdovih, v nižinah ob železnicah in cestah, na zapuščenih področjih in drenažnih jarkih. Proizvaja semena, ki jih raznašajo ptice. Tvori goste sestoje, ki imajo negativni učinek na domače pionirske vrste; izpodrine lahko domorodno obrežno vegetacijo (Frajman, 2009).
Davidova budleja	<i>Buddleja davidii</i> (Franch.) (Buddlejaceae)	<b>Fa</b>	Naseljuje prizadeta območja. Najraje ima sončne lege in manj vlažna tla, čeprav uspeva v vseh tipih tal. Prezimijo korenine (Starr in sod., 2003). Hitro kaljiva semena raznaša veter. Rastline lahko tvorijo goste sestoje in zavirajo kalitev ostalih rastlinskih vrst (Humphries in Guarino, 1987).

se nadaljuje

nadaljevanje

Preglednica 3: Seznam pričakovanih invazivnih tujerodnih vrst rastlin v obrežni vegetaciji Posavja

Table 3: List of expected invasive alien plants species in riparian vegetation of Posavje

Slovensko ime	Latinsko ime/ botanična družina	Življenska oblika	Značilnosti, ki omogočajo invazijo
japonski dresnik	<i>Fallopia japonica</i> (Houtt.) ( <i>Polygonaceae</i> )	<b>Ge</b>	Raste na sončnih legah, dobro prenaša tudi spremenjene okoljske pogoje. Z omejeno rastjo lahko obstaja v popolni senci. Tako japonski kot sahalinski dresnik sta najbolj pogosta na območjih, ki je moteno zaradi človekove dejavnosti (Beerling in sod., 1994). Japonski dresnik je primer zelo invazivne vrste, ki izpodriva avtohtone vrste in s tem spreminja ekosisteme (Strgulc Krajšek in Jogan, 2011).
češki dresnik	<i>Fallopia x bohemica</i> (Chrtek & Chrtkova, J. P. Bailey) ( <i>Polygonaceae</i> )	<b>Ge</b>	V primerjavi z vrsto <i>Fallopia japonica</i> je bolj »agresiven« pri razširjanju (Strgulc Krajšek in Jogan, 2011).
sahalinski dresnik	<i>Fallopia sachalinensis</i> (F. Schmidt) ( <i>Polygonaceae</i> )	<b>Ge</b>	Sahalinski dresnik kolonizira polnaravne obrežne pasove (Pyšek in Prach, 1993).
oljna bučka	<i>Echinocystis lobata</i> (Michx.) ( <i>Cucurbitaceae</i> )	<b>Te</b>	Raste kot vzpenjavka med grmovjem. Negativni vplivi na avtohtono vegetacijo se kažejo zaradi hitre rasti, ki ji omogočajo pokrivanje velikih površin in preraščanje naravne vegetacije (Klotz, 2007).
enoletna suholetnica	<i>Erigeron annuus</i> (L.) ( <i>Asteraceae</i> )	<b>Te</b>	Vrsta, ki se širi v ruderalnih, rahlo vlažnih mestih, tudi ob rekah. S svojo prisotnostjo izpodriva avtohtono vegetacijo (Bačič, 2008).
navadna amorfa	<i>Amorpha fruticosa</i> L. ( <i>Fabaceae</i> )	<b>Fa</b>	Lahko tvori goste sestoje (Schnitzler in sod., 2007) na vlažnih in opuščenih travnikih in poplavnih mestih (Jogan in sod., 2012).
žlezava nedotika	<i>Impatiens glandulifera</i> (Royle) ( <i>Balsaminaceae</i> )	<b>Te</b>	S svojo prisotnostjo najbolj vpliva na tiste vrste, ki so občutljive za svetlobo, saj svojo višino zasenčijo habitate (Beerling in Perrins, 1993). Rastlina je žužkocvetka, lahko se samoopraši in v enem letu proizvede do 2500 semen, ki jih aktivno izvrže od 3 do 5-ih metrov od matične rastline. Širi se s pomočjo človeka, lahko pa tudi z vodnim tokom. Semena se odlagajo na bregovih rek v času poplav in lahko kalijo šele naslednjo pomlad, ko so že bila izpostavljena mrazu (ventalizacija) (Prach, 1994).
drobnocvetna nedotika	<i>Impatiens parviflora</i> (DC) ( <i>Balsaminaceae</i> )	<b>Te</b>	Uspeva na senčnih mestih, gozdnih robovih in v podrasti vlažnih gozdov. Širi se v habitatih, kjer prihaja do motenj. Negativno vpliva na avtohtono vegetacijo (Chmura in Sierka, 2006).
navadna vinika	<i>Parthenocissus quinquefolia</i> agg. (L.) Planch. ( <i>Vitaceae</i> )	<b>Fa</b>	Okrasna vzpenjavka, ki je podivjala po ruderalnih rastiščih (Jogan in sod., 2012).
kalinolistni pokalec	<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim. ( <i>Rosaceae</i> )	<b>Fa</b>	Okrasen grm, ki se kot podivjan nahaja na prodiščih rek (Jogan in sod., 2012).

se nadaljuje

nadaljevanje

Preglednica 3: Seznam pričakovanih invazivnih tujerodnih vrst rastlin v obrežni vegetaciji Posavja

Table 3: List of expected invasive alien plants species in riparian vegetation of Posavje

Slovensko ime	Latinsko ime / botanična družina	Življenjska oblika	Značilnosti, ki omogočajo invazijo
navadna robinija	<i>Robinia pseudacacia</i> (L.) ( <i>Fabaceae</i> )	<b>Fa</b>	Kot pionirska vrsta uspeva na različnih tipih tal in okoljskih razmerah. Zaradi sposobnosti fiksacije dušika je sposobna kolonizirati tla z nizko vsebnostjo hranil v substratu. Za robinijo je značilna hitra rast, zaradi česar uspešno tekmuje z ostalimi pionirskimi vrstami za svetlobo. Gosti sestoji izpodrivajo domorodno rastlinstvo. Ker pa je senca še na tleh, je tam zelo malo rastlin. Zaradi fiksacije dušika drevo povečuje stopnjo rodovitnosti tal, kar vpliva na floristično sestavo prizadetega območja (Call in Nilsen, 2003).
deljenolistna rudbekija	<i>Rudbeckia laciniata</i> (L.) ( <i>Asteraceae</i> )	<b>He</b>	V višino lahko doseže do 2,5 m, kar negativno vpliva na diverzitetu avtohtonih vrst, saj na odprtih mestih zavira kolonizacijo drevesnih vrst. Deljenolistne rudbekije kalijo tam, kjer ni prisotnih ostalih vrst in so v okolju prisotne motnje (Francirkova, 2001).
virginijska nebina	<i>Aster novi-belgii</i> (L.) ( <i>Asteraceae</i> )	<b>He</b>	Kolonizira ruderalne lege, obrežja rek, nasipe, gozdne robove (Jogan in sod., 2012).
kanadska zlata rozga	<i>Solidago canadensis</i> (L.) ( <i>Asteraceae</i> )	<b>He</b>	Značilno zanjo je visoka toleranca do hranil in vlage, zato se lahko pojavlja v različnih habitatih. Najdemo jo na opuščeni zemljiščih, ob cestah, suhih in poplavnih območjih, na ruderalnih rastiščih. Eden od mehanizmov, ki pojasnjujejo uspeh invazivnega plevela, je proizvodnja in sproščanje alelopatskih snovi (Weber, 2001; Lu in sod., 2007).
orjaška zlata rozga	<i>Solidago gigantea</i> (L.) ( <i>Asteraceae</i> )	<b>He</b>	Vrsta <i>Solidago gigantea</i> ima visoko toleranco glede tal, vlage, svetlobe, temperature in pH v tleh. Najraje uspeva v vlažnih in s hranili bogatih tleh ruderalnih in obrežnih habitatov. Dobro raste tudi v suhih rastiščih ob cestah in nasipih (Jacobs in sod., 2004).
kanadska hudoletnica	<i>Conyza canadensis</i> (L.) ( <i>Asteraceae</i> )	<b>Te</b>	Podivjana nebinovka iz Severne Amerike, na bogatih tleh zraste v višino 3 m (Weaver, 2001).
laška repa, topinambur	<i>Helianthus tuberosus</i> (L.) ( <i>Asteraceae</i> )	<b>Ge</b>	Kolonizacija novih površin je povezana s produkcijo alelopatskih spojin, ki zavirajo kaljenje drugih rastlinskih vrst (Tesio in sod., 2012). V raziskavi so ugotovili, da ima vrsta kljub vsem lastnostim (visoka rast, visok pokrov in gosti sistem rizomov) na obrežno populacijo majhen vpliv (Hejda in Pišek, 2009).

### 3.5 ANALIZA PODATKOV

#### 3.5.1 Značilnosti obrežnega pasu, struge in zaledja

Dejavnike smo vrednotili na vsaki lokaciji s pomočjo obrazca, ki smo ga priredili po RCE metodi Valentina Mavrič Klenovšek, Maja Haler pod mentorstvom prof. dr. Alenke Gaberščik. Parametre okolja smo številčno ovrednotili s štiristopenjsko lestvico (1–4), razen hitrosti vodnega toka, ki je bila določena s šeststopenjsko lestvico (1–6). Štiristopenjska lestvica predstavlja ocene kakovostnega gradienta posameznega parametra, kar pri večini parametrov pomeni odklik od naravnega stanja (1 – naravno oz. nemoteno stanje, 4 – najbolj spremenjeno stanje) (Kuhar in sod., 2007).

Popisali smo naslednje dejavnike:

- **hitrost vodnega toka** smo ocenili po lestvici, kjer vrednost 1 pomeni, da vodni tok ni viden (skoraj stoječ, vrtinec), 2 komaj viden (tok zelo šibek, vendar viden), 3 počasi tekoč (tok viden, površina vode gladka), 4 hitro tekoč (voda srednje razburkana), 5 deroč (voda razburkana), 6 hudourniški (voda zelo razburkana);
- **rabo zemljišč neposredno za obrežno vegetacijo** smo vrednotili po RCE obrazcu s petimi točkami: 1 (nespremenjena – prvotna, sestoji gozda, naravna mokrišča, in/ali močvirja), 2 (izmenjavanje pašnih površin, gozdov, močvirij, nekaj obdelovalnih površin), 3 (izmenjavanje obdelovalnih polj in pašnih površin), 4 (prevladovaje obdelovalne površine in posamezne hiše) in 5 (urbane površine);
- **obliko struge** smo ocenili po RCE obrazcu s štirimi točkami: 1 (zadostna za sedanje in najvišje letne pretoke, širina/globina < 7 m), 2 (ustrezna z redkimi preplavljanji bregov, širina/globina od 8 do 15 m), 3 (komaj vzdržuje sedanje najvišje pretoke, širina/globina od 15 do 25 m), 4 preplavljanje bregov običajno, širina/globina > 25 m, ali pa je vodotok kanaliziran);
- **spremenbo rečne struge** smo opisovali s štirimi točkami: 1 (naravna), 2 (poglobljena in razširjena), 3 (jezovi iz naravnih materialov), IV (umetni jezovi, betonirani);
- **strukturo bregov** smo po RCE obrazcu vrednotili s štirimi točkami: 1 (stabilna, iz skal zemlje, čvrsto utrjena s travo, grmičevjem in drevesnimi koreninami), 2 (čvrsta bregova, vendar rahlo utrjena s koreninami trav in grmičevja), 3 (bregova iz rahle

zemlje, ki jo zadržuje skromna plast trave in grmičevja), 4 (nestabilna bregova iz rahle zemlje in peska);

- **vrsta posegov v rečni breg** smo ocenili točkami: 1 (ni vidnih posegov v rečni breg), 2 (spremenjen breg v prečni smeri), 3 (kamnita utrditev vzdolž reke) in 4 (betonska utrditev vzdolž reke) in **spodjedanje bregov** smo po RCE obrazcu ovrednotili s štirimi točkami: 1 (spodjedanja ni), 2 (zajedanje le na zavojih in ožinah), 3 (pogosto zajedanje, spodjedanje bregov in korenin) in 4 (močno spodjedanje in rušenje);
- **dinamiko rečnega toka** po RCE metodi smo spremljali pojav brzic in tolmunov oz. meandrov s štirimi točkami: 1 (izraziti, na razdalji 5 do 7-kratne širine vodotoka), 2 (nepravilno razporejeni), 3 (dolgi tolmuni, ki jih ločujejo kratke brzice, odsotnost meandrov), 4 (odsotnost meandrov in brzic ali tolmunov ali pa je vodotok kanaliziran);
- **rabo tal v zaledju** smo vrednotili s štirimi točkami: 1 (zaledje, poraslo z gozdom in/ali močvirji), 2 (košeni travniki, pašniki, gozdovi/močvirja, malo obdelovalnih površin), 3 (obdelovalne površine, košeni travniki/pašniki, posamezne hiše) in 4 (prevladujejo obdelovalne površine ali strnjeno urbano območje – hiše, tovarne).

### 3.5.2 Značilnosti prisotne vegetacije v obrežnem pasu

Vrednotenje je potekalo na isti način kot pri značilnostih obrežnega pasu, struge in zaledja. Značilnosti vegetacije obrežnega pasu, ki vplivajo na razširjenost invazivnih tujerodnih vrst rastlin, smo ovrednotili z obrazcem, ki smo ga tudi deloma priredili po RCE metodi (Petersen, 1992). Za popis so bili izbrani naslednji dejavniki:

- **širina cone obrežne vegetacije**, ki smo jo vrednotili s štirimi točkami: 1 (poplavna obrežna ali gozdna vegetacija > 30 m širine), 2 (poplavna obrežna ali gozdna vegetacija od 5 do 30 m širine), 3 (poplavna obrežna ali gozdna vegetacija 1 do 5 m širine) in 4 (poplavna obrežna ali gozdne vegetacije ni);
- **sklenjenost obrežne vegetacije** smo na popisnih lokacijah vrednotili s štirimi točkami: 1 (sklenjena obrežna vegetacija), 2 (prekinitve se pojavljajo na razdaljah več kot 50 m), 3 (prekinitve pogoste na vsakih 50 m), 4 (prekinitve na manj kot vsakih 50 m);
- **obrežna vegetacija znotraj 10-metrskega pasu ob strugi** smo popisali s štirimi točkami: 1 (> 90 % pokrovnosti predstavljajo nepionirska drevesa ali grmovja ali močvirske rastline), 2 (različne pionirske vrste vzdolž struge z drevesi v ozadju), 3 (vegetacija travnatih vrst in redka pionirska drevesa ali grmovja) in 4 (travnata vegetacija nekaj dreves in grmovja);
- **vodna vegetacija** smo vrednotili s štirimi točkami: 1 (če je prisotna, sestoji iz mahu in zaplat alg), 2 (alge prevladujejo v tolmunih, vaskularne rastline pa vzdolž roba), 3 (prisotnost zaplat alg, nekaj vaskularnih rastlin, malo mahu), 4 (vaskularne rastline prevladujejo v strugi);
- **višina domorodne obrežne vegetacije** smo ocenjevali s točkami: 1 (zelišča do 1 m), 2 (grmičevje do 2,5 m), 3 (drevesa in grmičevje do 4 m) in 4 (drevesa nad 4 m).

### 3.5.3 Invazivne tujerodne vrste rastlin

Tudi v tem primeru so ocene temeljile na kakovostnem oziroma količinskem gradientu. Za popisovanje invazivnih tujerodnih vrst rastlin smo izdelali popisni obrazec, v katerem smo zabeležili invazivno tujerodno vrsto rastline in določili:

- **oceno pokrovnosti**, ki smo jo vrednotili s petimi razredi: 1 (pokrovnost vrste 0–5 %), 2 (pokrovnost vrste 6–25 %), 3 (pokrovnost vrste 26–50 %), 4 (pokrovnost vrste 51–75 %) in 5 (pokrovnost vrste 76–100 %);
- **fenološko fazo**, ki smo jo vrednotili s šestimi razredi: 1 (zgodnja vegetativna), 2 (pozna vegetativna), 3 (začetek cvetenja – cvetovi še niso popolnoma razviti), 4 (pozno cvetenje – že razvidna tvorba plodov in semen), 5 (plodenje), 6 (zrelost, semena že odpadajo, rastlina odmira);
- **vitalnost rastlin**, ki smo jo vrednotili s tremi točkami: 1 (rastline zelo vitalne), 2 (rastline so zmerno vitalne), 3 (propadajoče rastline).
- **pojavnost izbrane invazivne tujerodne vrste rastlin glede na del obrežnega pasu**, ki smo jo ocenili s 4 točkami: 1 (vrsta se pojavlja neposredno ob vodi), 2 (vrsta se pojavlja posamično med ali na vegetaciji), 3 (vrsta se pojavlja med obrežno vegetacijo in travnikom oz. obdelovalno površino ali potjo), 4 (vrsta tvori strnjene sestoje po vsej širini obrežnega pasu).

Podatke o pogostosti in pojavljanju invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v spodnjem delu reke Save smo obdelali v programu Excell 2007, ki ga je leta 2003 dopolnil in prilagodil Milijan Šiško po metodi Pall in Janauer (1995).



### 3.5.5 Analiza vpliva okoljskih dejavnikov na pojavljanje invazivnih tujerodnih vrst rastlin

Multivariatna statistična metoda kanonične korespondenčne analize (CCA – Canonical Correspondence Analysis) (Ter Braak, 1986; Ter Braak in Verdonschot, 1995) omogoča povezavo med okoljskimi spremenljivkami ter pojavnostjo vrst. Izračune omogoča računalniški CANOCO, verzija 4,5. Program temelji na analizi o vrstni sestavi, številu rastlin posameznih vrst ter spremenljivkah okolja. CCA metoda iz okoljskih spremenljivk izdelata sintetične gradientne (kanonične osi), ki v najvišji meri ločijo niše posameznih vrst med seboj (Lipej in sod., 2009). Rezultate CCA analize prikažemo v ordinacijskem diagramu. Vektor, ki predstavlja okoljsko spremenljivko, izhaja iz izvora diagrama in se konča pri koordinatah, ki predstavljajo korelacijo spremenljivke z osmi. Puščica kaže na pomen okoljske spremenljivke; smer kaže, kako dobro je okolje povezano z različnimi vrstnimi sestavami osi, kot med puščicami pa kaže korelacije med spremenljivkami. Program CANOCO 4.5 (Ter Braak in Šmilauer, 2002) omogoča, da so izbrane le tiste okoljske spremenljivke, ki statistično značilno pojasnijo ekološke niše pojavljanj posamezne invazivne tujerodne rastlinske vrste.

Korelacije med okoljskimi dejavniki in pojavljanjem invazivnih vrst. Za izračun omenjenih korelacij smo uporabili Spearmanov koeficient. Je neparametrična oblika statistične analize. Spearmanov koeficient meri moč povezave (korelacije) med spremenljivkama X in Y takrat, ko je Y spremenljivka v ordinalni obliki. Uporabimo ga takrat, ko so podatki pred izračunom preoblikovani v range. Vrednosti Spearmanovega koeficienta korelacije rangov variirajo od  $-1$  (negativna in popolna korelacija rangov) do  $+1$  (pozitivna in popolna korelacija rangov). Vrednost 0 pomeni, da korelacije med rangi ni (McDonald, 2009).

$$H_0: r_s = 0$$

$$H_1: r_s \neq 0$$

$$H_0: X \text{ in } Y \text{ sta nekolinearni}$$

$$H_1: X \text{ in } y \text{ sta kolinearni}$$

## **4 REZULTATI**

### **4.1 ZNAČILNOSTI OBREŽNEGA PASU**

Od Zidanega Mosta do slovensko-hrvaške meje smo na 55 mestih popisali 10 abiotskih dejavnikov, ki vplivajo na dovzetnost območja za invazivne tujerodne vrste rastlin.

#### **4.1.1 Hitrost vodnega toka**

Na približno dveh tretjinah popisnih lokacij (glej PRILOGA A) je vodni tok komaj opazen. Hitrejši vodni tok smo opazili dolvodno od Krškega.

#### **4.1.2 Raba zemljišča neposredno za obrežno vegetacijo**

Ob spodnjem delu reke Save prevladujejo kmetijska zemljišča (glej PRILOGA B). Na 22 % popisnih mest ni bilo za obrežno vegetacijo kmetijskih zemljišč, saj so ta mesta ostala še nespremenjena.

#### **4.1.3 Oblika struge**

Širina struge je na 67 % popisnih mest zadostna za sedanje in najvišje letne pritoke, na 14 mestih je bila Sava leta 2008 kanalizirana (glej PRILOGA C).

#### **4.1.4 Sprememba rečne struge**

Na 28 % popisnih mest je bila struga v naravnem stanju, v 36 % pa je poglobljena in razširjena, 36 % pa so bili popisani jezovi iz naravnih oz. umetnih materialov. (glej PRILOGA D).

#### **4.1.5 Struktura bregov**

Na popisnih območjih so bregovi stabilni in urejeni (glej PRILOGA E).

#### **4.1.6 Vrsta posegov v rečni breg in spodjedanje bregov**

Le na 9 popisnih mestih (16 %) ni bilo vidnih posegov v rečni breg, v 64 % je prisotna kamnita ureditev (glej PRILOGA F). Spodjedanje bregov smo opazili na dveh popisnih mestih, na enem popisnem mestu smo opazili zajedanje na zavoju, na drugem pa je bilo spodjedanje na večjem delu popisnega mesta.

#### **4.1.7 Dinamika rečnega toka**

Na 73 % mest je vodotok kanaliziran (glej PRILOGA G). Kjer vodotok še ni spremenjen, se pojavljajo brzice in tolmeni, vendar pa bo takih mest malo (11 %).

#### **4.1.8 Raba tal v zaledju**

V zaledju se pojavljajo vse 4 oblike izrabe tal, vendar v 42 % prevladujejo obdelovalne površine, urbana območja so se pojavila na 16 popisnih mestih, gozd in močvirje na petini lokacij (glej PRILOGA H). Najmanjši delež (9 %) je košenih travnikov in pašnikov.

### **4.2 ZNAČILNOSTI PRISOTNE VEGETACIJE OBREŽNEGA PASU**

Na popisnem mestu smo popisali 4 lastnosti prisotne obrežne vegetacije in vse rastlinske vrste, ki so bile v 100-metrskem pasu (glej PRILOGA O).

#### **4.2.1 Širina cone obrežne vegetacije od roba struge do polj**

Vzdolž spodnjega dela reke Save je v 68 % prisotna obrežna vegetacija v širini od 1–30 m (glej PRILOGA I). Le na treh odsekih širina obrežne vegetacije presega 30 m, na 26 % lokacij pa je prvotna obrežna vegetacija odstranjena.

#### **4.2.2 Sklenjenost obrežne vegetacije**

Na večini popisnih lokacij (91 %) je bila leta 2008 prisotna sklenjena obrežna vegetacija. (glej PRILOGA J).

#### 4.2.3 Obrežna vegetacija znotraj 10-metrskega pasu ob strugi

Le na 31 % popisnih lokacij so leta 2008 prevladovale nepionirske vrste (glej PRILOGA K). V ostalih 2/3 mest je vegetacija pionirska oz. travnata.

#### 4.2.4 Vodna vegetacija

V spodnjem toku reke Save je na 60 % popisnih mest vodna vegetacija sestavljena iz steljčnic, na 31 % odstotkih pa prevladujejo višje rastline (glej PRILOGA L).

#### 4.2.5 Višina domorodne obrežne vegetacije

V spodnjem toku reke Save so bila na 31 popisnih mestih še prisotna drevesa (57 %), na 18 % pa le zelišča (glej PRILOGA M).

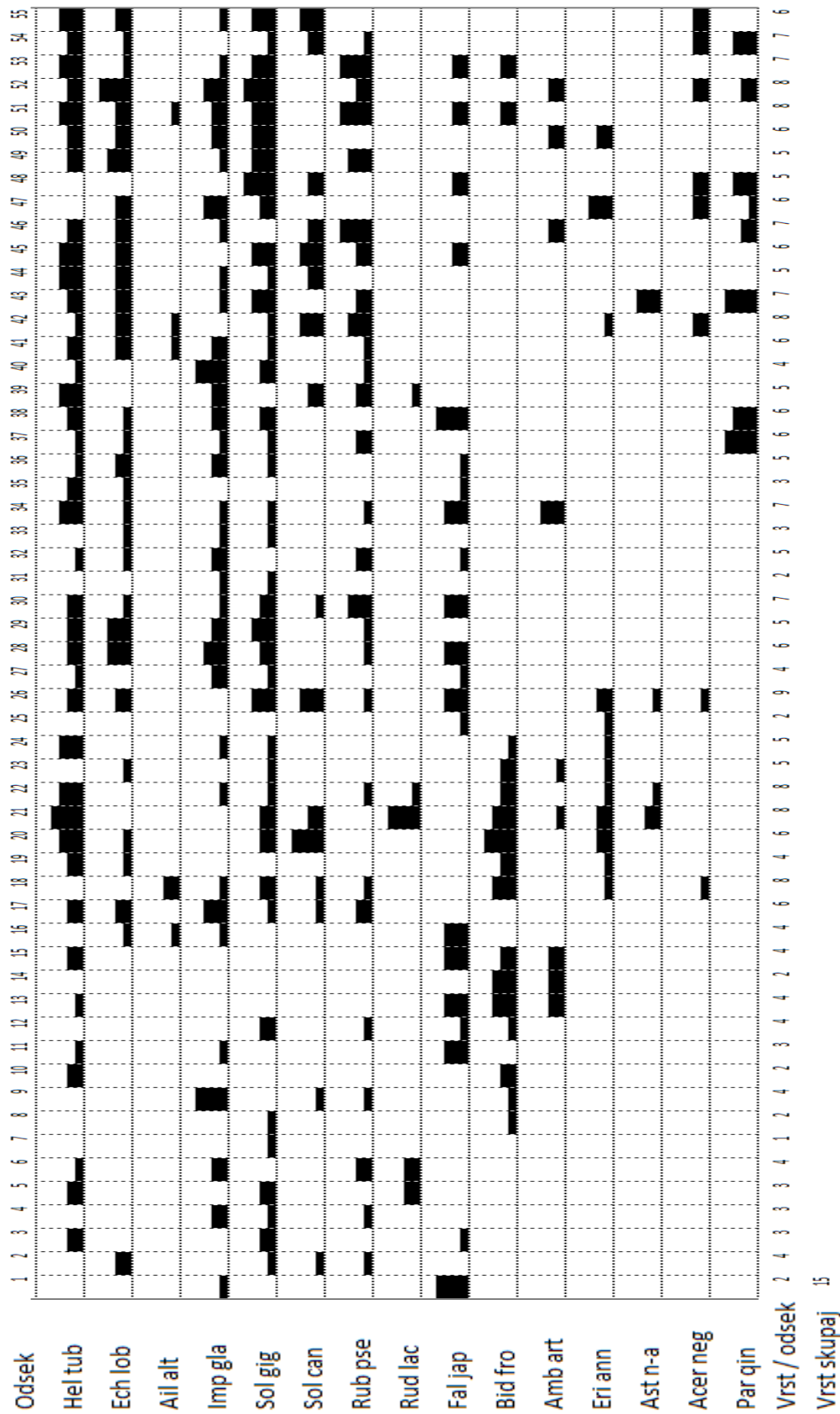
### 4.3 POPISANI TAKSONI RASTLIN

Na podlagi florističnih popisov na izbranih odsekih smo oblikovali enoten seznam rastlinskih taksonov, ki smo ga dodali v Prilogo O. Za nomenklanturni standard smo upoštevali delo Mala flora Slovenije (Martinčič in sod., 2007).

Leta 2008 smo med obrežno vegetacijo spodnjega dela reke Save popisali 15 invazivnih tujerodnih vrst rastlin. Pri rodu *Fallopia* nismo razlikovali med taksonoma *Fallopia japonica* in *Fallopia x bohemica*. Vse rastline smo določili za vrsto *Fallopia japonica*.

Najpogostejši so bili naslednji invazivni tujerodni taksoni: *Helianthus tuberosus*, *Robinia pseudacacia*, *Solidago gigantea*, *Fallopia japonica* ter *Impatiens glandulifera*. Ker smo popisovali le na izbranih lokacijah, je možno, da smo kakšno invazivno tujerodno vrsto prezrli.

Leta 2013 smo popisne odseke pregledali ponovno, kjer pa smo popisovali le ITV. Na 9-ih odsekih smo našli križanca *Fallopia x bohemica* in tri nove ITV (*Buddleja davidii*, *Physocarpus opulifolius* in *Amorpha fruticosa*). Seznam ITV je predstavljen v Preglednici 4.



Slika 4: Prisotnost in stopnja pokrovnost invazivnih tujerodnih taksonov rastlin v spodnjem delu reke Save na lokacijah 1 do 55 v letu 2008. (Višina stolpca pomeni stopnjo pokrovnosti od 1 do 5). Okrajšave vrst so predstavljene v Preglednici 4.

Figure 4: The presence and cover rate of invasive alien taxa plants along the lower part of the river Sava at locations 1 to 55 in year 2008 (The height of the column means the level of cover from 1 to 5). Abbreviations of species are presented in Table 4.

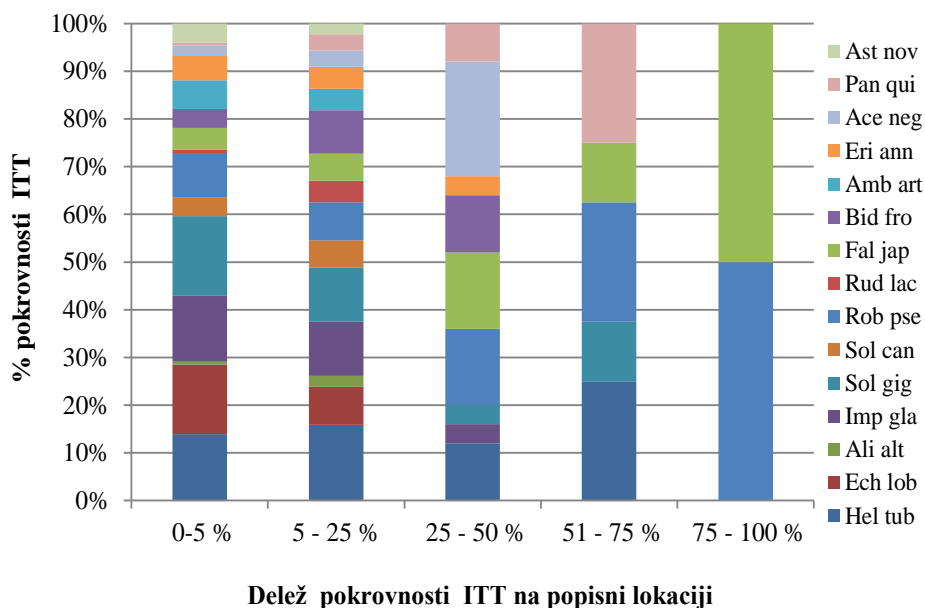
Preglednica 4: Pojavljanje invazivnih tujerodnih taksonov rastlin v različnih letih  
Table 4: The occurrence of invasive alien taxa in different years

Vrste	Okrajšava	Prisotnost 2008	Prisotnost 2013
<i>Acer negundo</i>	Ace neg	X	X
<i>Ailanthus altissima</i>	Ali alt	X	X
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	Amb art	X	X
<i>Aster novi-belgii</i>	Ast nov	X	X
<i>Bidens frondosa</i>	Bid fro	X	X
<i>Buddleja davidii</i>	Bud dav		X (21)*
<i>Fallopia japonica</i>	Fal jap	X**	X(4, 29, 37,44)*
<i>Fallopia x bohemica</i>	Fal boh		X (2, 5, 11, 13, 16, 17, 36, 41, 42)*
<i>Echinocystis lobata</i>	Ech lob	X	X
<i>Erigeron annuus</i>	Eri ann	X	X
<i>Helianthus tuberosus</i>	Hel tub	X	X
<i>Amorpha fruticosa</i>	Amo fru		X(20)*
<i>Impatiens glandulifera</i>	Imp gla	X	X
<i>Impatiens parviflora</i>	Imp pra		X(35, 36, 42, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 54)*
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> agg.	Par qui	X	X
<i>Physocarpus opulifolius</i>	Phy opu		X(52)*
<i>Robinia pseudacacia</i>	Rob pse	X	X
<i>Rudbeckia laciniata</i>	Rud lac	X	X
<i>Solidago canadensis</i>	Sol can	X	X
<i>Solidago gigantea</i>	Sol gig	X	X
<i>Conyza canadensis</i>	Con can	X	X

\*\*V letu 2008 smo vse taksone iz rodu *Fallopia* prepoznavali kot vrsto *Fallopia japonica*. Verjetno je bil že takrat vmes križanec *Fallopia x bohemica*.

\*V oklepaju so navedene lokacije, kjer so taksoni prisotni.

### 4.3.1 Ocena pokrovnosti invazivnih tujerodnih taksonov rastlin

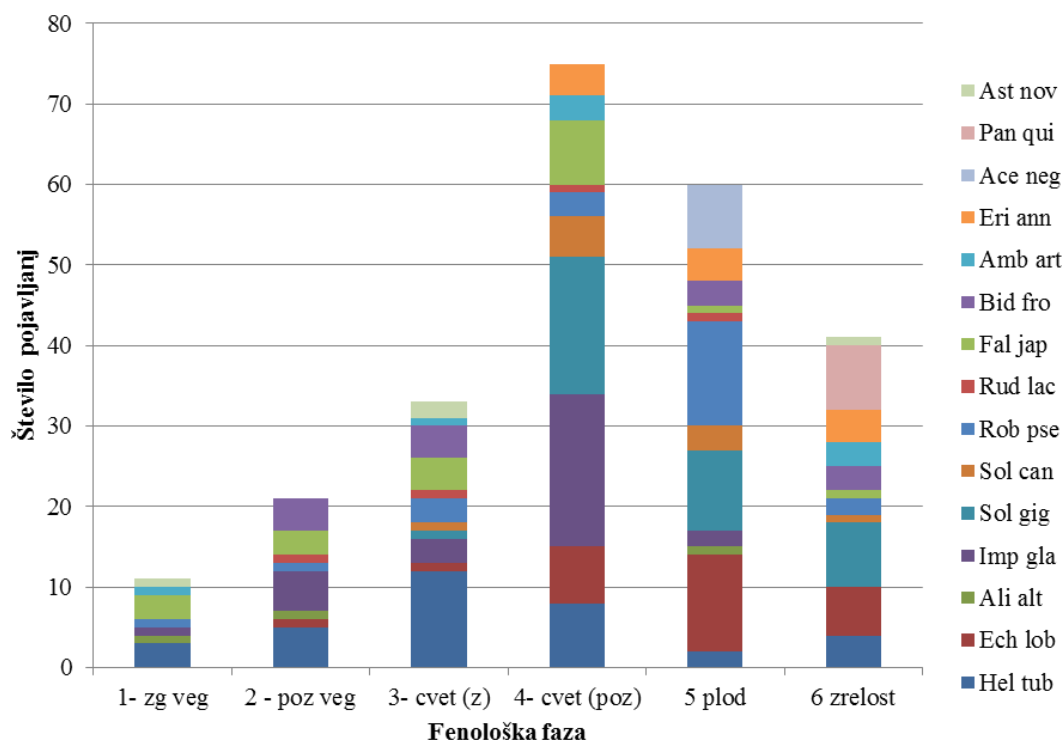


Slika 5: Ocenjena pokrovnost invazivnih tujerodnih vrst na pregledanih popisnih mestih vzdolž spodnjega dela reke Save v Sloveniji. Okrajšave vrst so predstavljene v Preglednici 4.

Figure 5: Estimated cover of invasive alien species at surveyed locations along the lower part of the river Sava in Slovenia. Abbreviations of species are presented in Table 4.

Največje sestoje na popisnih lokacijah tvorita taksona: *Fallopia japonica* skupaj s križancem *Fallopia x bohemica* in *Robinia pseudacacia*. Do 75 metrov dolge sestoje so na posameznih lokacijah tvorile tudi vrste: *Parthenocissus quinquefolia*, *Fallopia japonica*, *Robinia pseudacacia*, *Helianthus tuberosus* in *Solidago gigantea*. Manjše sestoje so tvorile še naslednje vrste: *Bidens frondosa*, *Erigeron annuus*, *Impatiens glandulifera* in *Ailanthus altissima*. Ostale vrste so se pojavljale posamično oz. na manjših površinah. Na določenih mestih, ki so bila izven popisnih lokacij, tvori enovrstne sestoje še vrsta *Ailanthus altissima*.

### 4.3.2 Fenološke faze invazivnih tujerodnih taksonov rastlin



Slika 6: Fenološke faze (zg veg \_ zgodnja vegetativna, poz veg \_ pozna vegetativna, cvet (z) \_ zgodnje cvetenje, cvet (poz) \_ pozno cvetenje, plod \_ plodenje) invazivnih tujerodnih taksonov rastlin vzdolž spodnjega dela reke Save v Sloveniji. Okrajšave vrst so predstavljene v Preglednici 4.

Figure 6: Phenological stages (zg veg \_ early vegetative, poz veg \_ late vegetative, cvet(z) \_ early flowering, cvet (poz) \_ late flowering, plod \_ fructification, zrelost \_ ripeness) of invasive alien plant taxa along the lower part of the river Sava in Slovenia. Abbreviations of species are presented in Table 4.

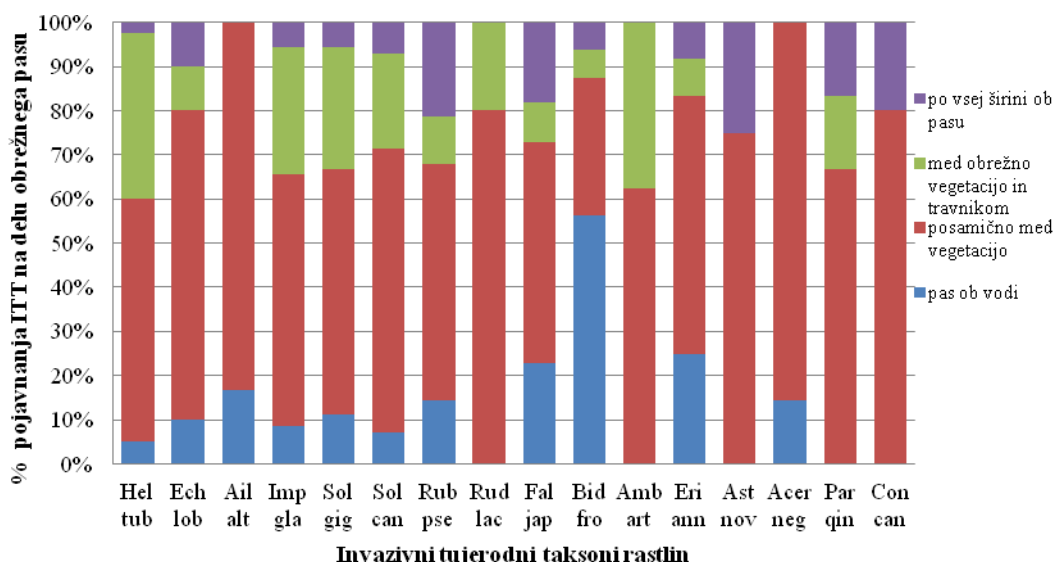
Večina taksonov je bila v času popisa na popisnih mestih (avgust in september leta 2008) v fazi poznega cvetenja, več kot polovica pa v fazi plodenja. Vrste, ki smo jih popisovali v oktobru, so bile v fazi zrelosti. Vrste *Impatiens glandulifera*, *Helianthus tuberosus* in *Echinocystis lobata* se pojavlja v vseh vegetativnih fazah, medtem ko se vrsta *Parthenocissus quinquefolia* pojavlja le v fazi plodenja.



### 4.3.3 Vitalnost invazivnih tujerodnih taksonov rastlin

Ob popisu leta 2008 je bilo večina invazivnih tujerodnih taksonov rastlin v dobri kondiciji. Vsaj 70% zelo vitalnih rastlin v populaciji so tvorili naslednji taksoni: *Helianthus tuberosus*, *Ailanthus altissima*, *Impatiens glandulifera*, *Robinia pseudacacia*, *Fallopia japonica*, *Acer negundo*, *Parthenocissus quinquefolia* in *Aster novi-belgii* (glej PRILOGA N).

### 4.3.4 Pojavljanje ITT rastlin glede na del obrežnega pasu



Slika 7: Pojavljanje invazivnih tujerodnih taksonov rastlin glede na del obrežnega pasu vzdolž spodnjega dela reke Save v Sloveniji. Okrajšave vrst so predstavljene v Preglednici 4.

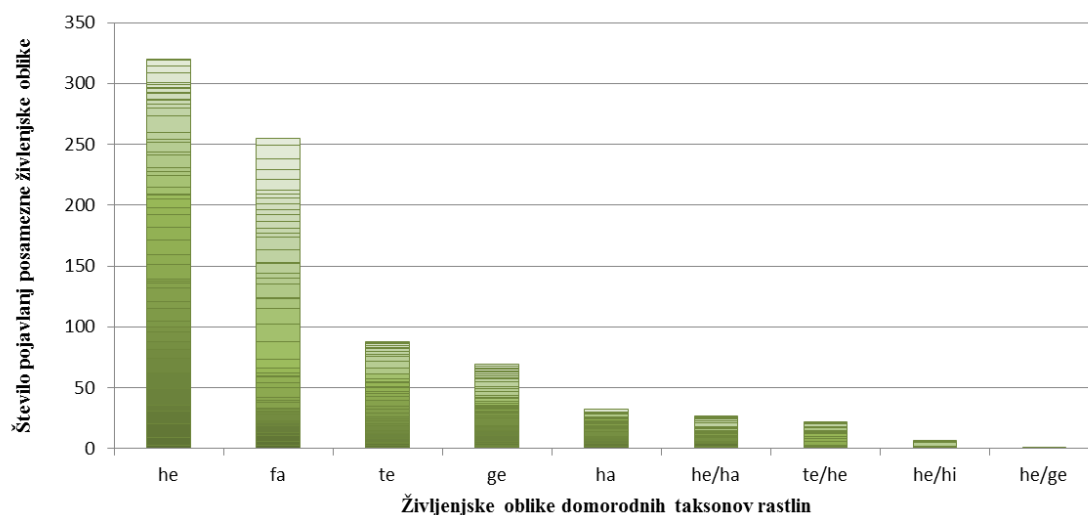
Figure 7: Occurrence of invasive alien plant taxa according to the part of the riparian zone along the lower part of the river Sava. Abbreviations of species are presented in Table 4.

Večina ITT se pojavlja posamično med vegetacijo obrežnega pasu. Neposredno ob vodi se je na 62 % popisnih mest pojavljala vrsta *Bidens frondosa*. Vrste *Conyza canadensis*, *Parthenocissus quinquefolia*, *Rudbeckia laciniata* in *Ambrosia artemisiifolia* so se pojavljale v zgornjem delu obrežnega pasu, stran od vode.

#### 4.4 ŽIVLJENJSKE OBLIKE RASTLIN V OBREŽNEM PASU

Popisanim vrstam smo življenjske oblike določili po Mali flori Slovenije (Martinčič in sod., 2007).

##### 4.4.1 Domorodna flora obrežnega pasu

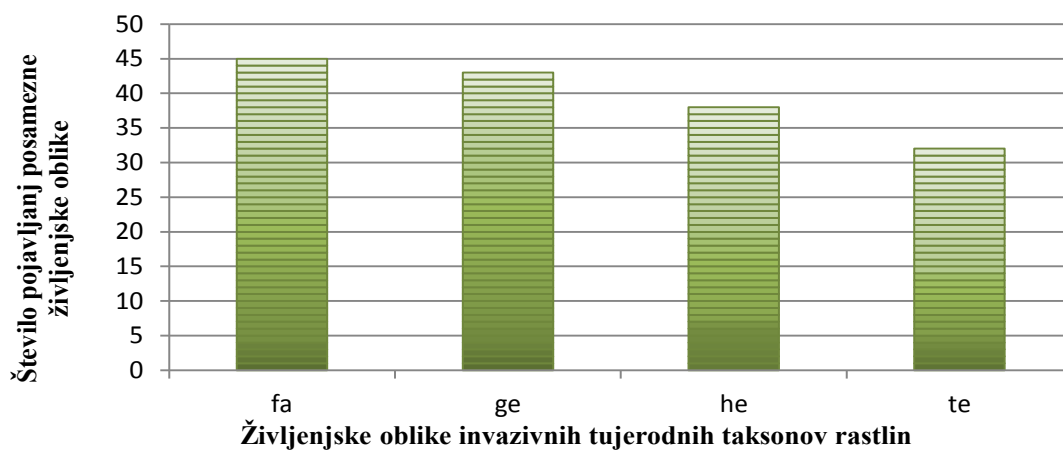


Slika 8: Razporeditev življenjskih oblik pri domorodnih taksonih rastlin obrežnega pasu vzdolž spodnjega dela reke Save. Okrajšave življenjskih oblik rastlin so predstavljene v preglednici 2. Najtemnejša zelena barva je lokacija 1, najsvetlejša je lokacija 55).

Figure 8: Distribution of life forms in native riparian plant taxa in riparian zone along the lower part of the river Sava. Abbreviations of plants life forms are presented in Table 2. (The darkest green color means location 1, the brightest green location 55).

Med popisanimi taksoni so se na popisnih lokacijah najpogosteje pojavljali hemikriptofiti (320) in fanerofiti (255). Sledijo terofiti, geofiti, hamefiti in hemikriptofiti/hamefiti, terofiti/hidrofiti. Hemikriptofiti/hidrofiti se pojavijo sedemkrat, hemikriptofiti/geofiti enkrat.

#### 4.4.2 Življenjske oblike invazivnih tujerodnih taksonov rastlin



Slika 9: Razporeditev življenjskih oblik pri tujerodnih invazivnih taksonih rastlin obrežnega pasu vzdolž spodnjega dela reke Save. Okrajšave življenjskih oblik rastlin so predstavljene v preglednici 2. (Najtemnejša zelena barva je lokacija 1, najsvetlejša je lokacija 55).

Figure 9: Distribution of life forms in of invasive alien plant taxa in riparian zone along the lower part of the river Sava. Abbreviations of plants life forms are presented in Table 2. (The darkest green color means location 1, the brightest green location 55).

Med ITT rastlinami smo največkrat popisali fanerofite (45), geofite (43), hemikriptofiti (38) in terofiti (32).

#### 4.5 KANONIČNA KORESPONDENČNA ANALIZA (CCA)

Okoljske spremenljivke smo s CCA analizo prikazali tako, da so niše ITT maksimalno ločene (Ter Braak in Verdonschot, 1995).

Z metodo izbiranja spremenljivk (*forward selection*) smo izmed dejavnikov okolja izbrali tiste, ki statistično značilno pojasnjujejo variabilnost (varianco) v pojavljanju in pogostosti invazivnih tujerodnih vrst v obrežnem pasu vzdolž spodnjega toka reke Save (vrednost  $p \leq 0,05$ ).

Preglednica 5: Abiotiski in biotski dejavniki okolja, ki statistično značilno pojasnjujejo pojavljanje in pogostost invazivnih tujerodnih taksonov rastlin, njihova statistična značilnost ( $p$ ) ter kumulativna pojasnjena varianca matrike taksonov z izbranimi abiotskimi in biotski dejavniki okolja

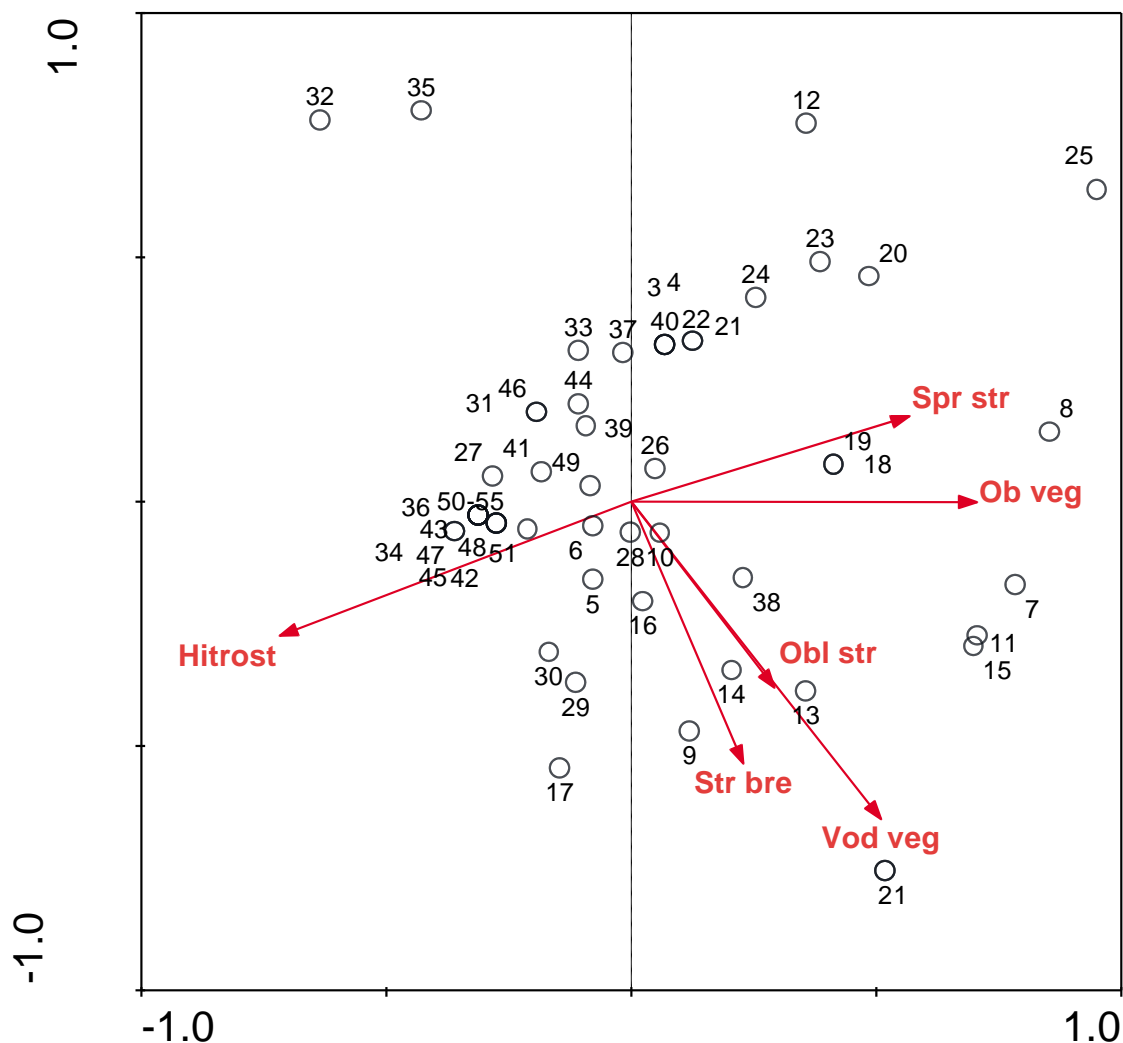
Table 5: Abiotic and biotic environmental parameters, which significantly explain the presence and abundance of invasive plant taxa, their statistical significance ( $p$ ) and the cumulative explained variance matrix of taxa with selected abiotic and biotic environmental factors

Abiotiski in biotski dejavniki okolja	Pojasnjena varianca (%)	Vrednost $p$	Kumulativna pojasnjena varianca (%)
<b>Vodni tok</b>	<b>4,83</b>	<b>0,001</b>	<b>4,83</b>
<b>Vodna vegetacija</b>	<b>4,07</b>	<b>0,001</b>	<b>7,90</b>
<b>Obrežna vegetacija znotraj 10 metrskega pasu</b>	<b>2,64</b>	<b>0,012</b>	<b>10,54</b>
<b>Oblika struge</b>	<b>2,99</b>	<b>0,010</b>	<b>13,53</b>
<b>Struktura bregov</b>	<b>2,16</b>	<b>0,037</b>	<b>15,69</b>
<b>Spremembe rečne struge</b>	<b>2,02</b>	<b>0,033</b>	<b>17,71</b>

Spremenljivke, ki pojasnjujejo pojavnost ITT v spodnjem delu reke Save, so: vodni tok (4,83 %), prisotnost vodne vegetacije (4,07 %), obrežna vegetacija znotraj 10-metrskega pasu (2,64 %), oblika struge (2,99 %), struktura bregov (2,16 %) in spremembe rečne struge (2,02 %). S spremenljivkami okolja statistično značilno ( $P \leq 0,05$ ) pojasnimo 17,71 % variance ITT.

Vpliv habitatnih značilnosti na razporeditev ITT smo prikazali še z ordinacijskima diagramoma. Na prvem odrinacijskem diagramu so prikazani popisni odseki v spodnjem delu reke Save in vpliv dejavnikov okolja. Spremenljivost dejavnika je bila določena

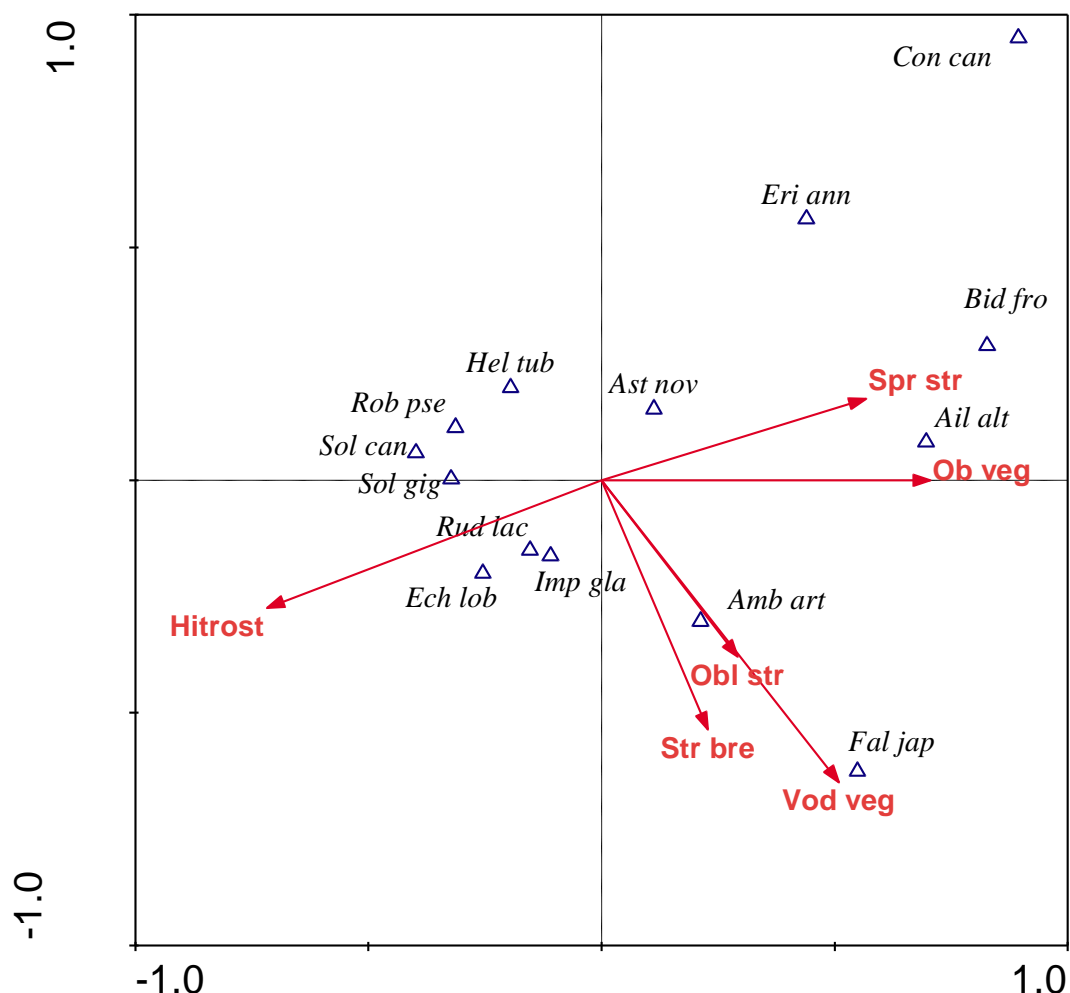
subjektivno po 4-stopenjski lestvici, kjer 1 pomeni najslabše stanje in 4 najboljše stanje. Velikost vpliva posameznega dejavnika je povezana z dolžino vektorja.



Slika 10: Ordinacijski diagram z izbranimi abiotскими in biotskimi dejavniki okolja (vektorji: Hitrost \_ hitrost vodnega toka, Ob veg \_ obrežna vegetacija znotraj 10-metrskega pasu, Vod veg \_ vodna vegetacija, Obl str \_ oblika struga, Str bre \_ struktura bregov, Spr str \_ spremenjenost struge) ter popisnimi lokacijami (točke)  
Figure 10: Ordination diagram with selected abiotic and biotic environmental variables (arrows: Hitrost\_ flow velocities, Ob veg \_ riparian vegetation within the 10-meter band, Vod veg \_ aquatic vegetation, Obl str \_ form of channel, Str bre \_ structure of banks, Spr str\_ modification of channel.) and sampling sites (points)

Popisna mesta, ki so si glede na izbrane dejavnike podobna, so na sliki blizu skupaj. Za popisna mesta 6, 45, 47, 48, 50-55, 34, 42, 36 je značilen hiter vodni tok.

Popisna mesta 5, 6, 16, 17, 28, 29, 30 so si podobna po hitrosti vodnega toka in strukturi bregov. Spremenjena rečna struga in obrežna vegetacija na mestih 18 in 19 vplivata na pojavnost ITT.



Slika 11: Ordinacijski diagram z izbranimi abiotičnimi in biotičnimi dejavniki okolja (vektorji: Hitrost \_ hitrost vodnega toka, Ob veg \_ obrežna vegetacija znotraj 10-metrskega pasu, Vod veg \_ vodna vegetacija, Obl str \_ oblika struge, Str bre \_ struktura bregov, Spr str \_ spremenjenost struge) ter invazivnimi tujerodnimi rastlinskimi taksoni (trikotniki). Okrajšave vrst so predstavljene v Preglednici 4.

Figure 11: Ordination diagram with selected abiotic and biotic environmental variables (arrows: Hitrost\_ flow velocities, Ob veg\_ riparian vegetation within the 10-meter band, Vod veg\_ aquatic vegetation, Obl str\_ form of channel, Str bre\_ structure of banks, Spr str\_ modification of channel) and invasive alien plant taxa (triangles). Abbreviations of species are presented in Table 4.

Vsaka točka na grafu ponazarja razporeditev vrste. Vrste, ki imajo do izbranih dejavnikov podobne zahteve, so si na grafu bliže, npr. *Rudbeckia laciniata* in *Impatiens glandulifera*. Vrste *Impatiens glandulifera*, *Rudbeckia laciniata* in *Echinocystis lobata* se pojavljajo tam,

kjer je vodni tok hiter in so bregovi utrjeni. Takson *Fallopia japonica* se pojavlja na odsekih, kjer najdemo višje (vaskularne) vodne rasline.

Tistim vrstam, ki se razporejajo na sredini grafa, ustrezajo srednje vrednosti dejavnikov.

#### 4.6 KORELACIJE MED ZNAČILNOSTMI OBREŽNEGA PASU IN POJAVLJANJEM INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST TAKSONOV

Korelacijske koeficiente smo izračunali za značilnosti obrežnega pasu in posamezne invazivne tujerodne taksone rastlin. Rezultate smo prikazali v Preglednici 6.

Število domorodnih taksonov (št. dom. taksonov) v obrežnem pasu spodnjega dela reke Save je v pozitivni korelaciji z višino domorodnih rastlin v obrežnem pasu, širino in sklenjenostjo obrežnega pasu, z značilnostmi OP znotraj (10 m pas), z obliko in spremenjenostjo rečne struge, posegi v rečni breg, spodjedanjem bregov ter z odsotno vodno vegetacijo, ITT v obrežnem pasu in rabo tal v zaledju. Vsi naštetih dejavniki razen dejavnikov raba tal v zaledju in značilnosti OP znotraj (10m pas) so v pozitivni korelaciji s številom vrst v OP.

Lesnati invazivni tujerodni taksoni se pojavljajo tam, kjer so v zaledju kmetijska zemljišča, počasen vodni tok, utrjene rečne brežine in že prisotni ITT. Zelnati invazivni tujerodni taksoni so statistično povezani s počasnim tokom, kmetijskimi površinami v zaledju in sklenjeno obrežno vegetacijo.

Višina domorodnih rastlin v obrežnem pasu je statistično pozitivno povezana s številom domorodnih taksonov, številom vseh taksonov obrežnega pasu in invazivnimi tujerodnimi taksoni terofitov ter taksoni *Ailanthus altissima*, *Rudbeckia laciniata*, *Solidago canadensis* in *Fallopia japonica*.

Širjenje invazivnih tujerodnih taksonov hemikriptofitov je v pozitivni korelaciji z uporabo zemljišč v zaledju in dinamiko vodnega toka. Več jih je tam, kjer sta rečna struga in rečni breg spremenjena.

Številčnost invazivnih tujerodnih taksonov terofitov je v pozitivni korelaciji z višino rastlin v obrežnem pasu, dinamiko toka, sklenjenostjo obrežne vegetacije ter posegi v rečno strugo in breg.

Številčnost vrste *Helianthus tuberosus* je v pozitivni korelaciji z naslednjimi dejavniki: posegi v rečni breg, manjšim spodjedanjem bregov, kanaliziranim vodnim tokom in kmetijsko površino v zaledju.

Vrsta *Echinocystis lobata* je razširjena tam, kjer je sklenjena obrežna vegetacija in kamnito utrjen rečni breg. Abundanca vrste *Ailanthus altissima* je večja na mestih, kjer je domorodna vegetacija kot že prisotni ITT, spremenjen rečni breg in kanaliziran vodotok ter širši obrežni pas.

Na kolonizacijo vrste *Impatiens glandulifera* pozitivno vplivata sklenjena obrežna vegetacija in utrjen rečni breg; pogosteje se pojavlja tam, kjer so že prisotni invazivni tujerodni taksoni v obrežnem pasu.

Pojavljanje vrste *Solidago gigantea* je v pozitivni korelaciji s kmetijskimi površinami v zaledju, kanaliziranim vodotokom, kamnitim rečnim bregom in že prisotnimi invazivnimi tujerodnimi taksoni v obrežnem pasu. Vrsta *Solidago canadensis* se širi tam, kjer je rečni breg spremenjen, v obrežnem pasu so prisotna drevesa in v zaledju kmetijske površine; vodotok pa je kanaliziran.

Drevesna vrsta *Robinia pseudacacia* pogosto tvori sklenjene sestoje na mestih, kjer so že invazivni tujerodni taksoni rastlin v obrežnem pasu in je rečni breg utrjen ter ni spodjedanja bregov, meandrov in brzic, v zaledju pa so kmetijske površine.

Kolonizacija vrste *Rudbeckia laciniata* je večja ob kanalizirani rečni strugi in utrjenem rečnem bregu, ustrezajo ji širok obrežni pas in sklenjena visoka obrežna vegetacija ter počasen vodni tok.



Podobne zahteve imata taksona *Fallopia japonica* in njen križanec, ki se pojavljata tudi tam, kjer so ITT že v obrežnem pasu.

Enoletnice, kot so vrste: *Bidens frondosa*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Erigeron annuus*, *Conyza canadensis* in *Aster novi-belgii* so v pozitivni korelaciji s spremenjeno rečno strugo in utrjenim rečnim bregom ter kmetijskimi površinami v zaledju (razen vrsti *Conyza canadensis* in *Ambrosia artemisiifolia*).

Širjenje vrste *Acer negundo* je spodbujeno ob že prisotnih ITT v obrežnem pasu, ustrezajo mu stabilni rečni bregovi, sklenjena obrežna vegetacija in kmetijske površine v zaledju.

Širjenje vrste *Parthenocissus quinquefolia* je v pozitivni korelaciji z razširitvijo ITT po obrežnem pasu, kamnito utrjenim rečnim bregom in kmetijskimi zemljišči v zaledju.

Lesnati invazivni tujerodni taksoni se pojavljajo tam, kjer so v zaledju kmetijska zemljišča, utrjene rečne brežine in že prisotni ITT. Zelnati invazivni tujerodni taksoni so statistično povezani s počasnim tokom, kmetijskimi površinami v zaledju in sklenjeno obrežno vegetacijo.

Višina rastlin v obrežnem pasu je statistično pozitivno povezana s številom domorodnih taksonov, številom taksonov obrežnega pasu in invazivnimi tujerodnimi taksoni terofitov.

Širjenje invazivnih tujerodnih vrst hemikriptofitov je v pozitivni korelaciji z uporabo zemljišč v zaledju in dinamiko vodnega toka. Več jih je tam, kjer sta rečna struga in rečni breg spremenjena.

Številčnost invazivnih tujerodnih taksonov terofitov je v pozitivni korelaciji z višino rastlin v obrežnem pasu, dinamiko toka, sklenjenostjo obrežne vegetacije ter posegi v rečno strugo in breg.

Preglednica 6: Značilne korelacije med značilnostmi obrežnega pasu in pojavljanjem (št. – števila in abun. – abundanca) invazivnih tujerodnih taksonov rastlin spodnjega dela reke Save. Okrajšave vrst so predstavljene v Preglednici 4. Okrajšave življenjskih oblik rastlin so predstavljene v Preglednici 2.

Table 6: Significant correlations between the riparian zone characteristics and the appearance (št. – number and abun. – abundance) of alien invasive taxa plants along the lower part of the river Sava. Abbreviations of species are presented in Table 4. Abbreviations of plants life forms are presented in Table 2.

	Viš. dom. rastlin OP	Raba tal v zaledju	Dinamika toka	Širina OP	Sklenjenost OP	OP (10 m pas)	Oblika struge	Spremenje nost struge	Struktura bregov	Spodjedanj e bregov	Posegi v rečni breg	Vodna vegetacija	ITT v OP	Pojavnost ITT
Št. lokacije	ns	0,69*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,96*	0,85*	ns	0,60*	0,30
Št. dom. taksonov	0,54*	0,37*	ns	0,83*	0,41*	0,72*	0,83*	0,54*	0,57*	0,86*	0,71*	0,51*	0,67*	ns
Št. taksonov OP	0,98*	ns	ns	0,40*	0,60*	ns	0,83*	0,94*	0,91*	0,70*	0,36*	0,68*	0,75*	ns
Št. vrst ITT	ns	0,42*	0,50*	ns	0,52*	ns	ns	ns	ns	0,74*	ns	ns	ns	ns
Abun. ITT	ns	0,91*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,31	0,35*	ns	ns	ns	ns
Abun. lesnih ITT	ns	0,74*	0,38*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,96*	0,81*	ns	0,88*	0,45*
Št. lesnih ITT	ns	0,95*	0,39*	ns	ns	ns	ns	ns	0,30	0,60*	0,60*	ns	0,84*	0,58*
Abun. zelnatih ITT	ns	0,74*	0,45*	ns	0,27	ns	ns	ns	0,86*	ns	ns	ns	ns	ns
Št. vrst zelnatih ITT	ns	0,41*	0,62*	ns	0,94*	ns	ns	ns	0,28	0,66*	ns	ns	ns	ns
Abun. ITV he	ns	0,70*	0,44*	ns	ns	ns	ns	ns	0,50*	0,34	ns	ns	ns	ns
Št. vrst ITT he	ns	0,60*	0,84*	ns	0,35*	ns	ns	ns	0,40*	0,69*	ns	ns	ns	ns
Abun. ITT te	0,98*	ns	0,86*	ns	0,80*	ns	ns	ns	0,47*	ns	0,50*	ns	ns	ns
Št. vrst ITT te	0,88*	ns	0,51*	ns	0,60*	ns	ns	0,34	0,48*	0,78*	0,53*	ns	ns	ns
Hel tub	ns	0,96*	0,88*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,52*	0,45*	ns	ns	ns
Ech lob	ns	ns	ns	ns	0,48*	ns	ns	ns	0,39*	ns	0,78*	ns	ns	ns
Ail alt	0,60*	ns	0,52*	0,54*	0,45*	0,93*	ns	0,64*	ns	0,66*	0,69*	0,82*	0,68*	0,58*
Imp gla	ns	ns	ns	ns	0,80*	ns	0,33	ns	0,85*	ns	ns	0,30	0,78*	0,57*
Sol gig	ns	0,83*	0,99*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,35	ns	0,27	ns
Sol can	0,85*	0,57*	ns	0,83*	0,52*	0,97*	ns	ns	0,57*	0,37*	ns	ns	ns	ns
Rob pse	ns	0,99*	0,70*	ns	ns	ns	0,29	ns	0,98*	0,50	0,63*	ns	0,56*	0,47*
Rud lac	0,76*	ns	ns	0,88*	0,47*	0,64	0,66*	0,89*	ns	0,66*	ns	0,60*	ns	ns
Fal jap	0,99*	ns	0,90*	0,62*	0,48*	0,49	ns	0,44*	ns	0,60*	0,37*	0,54*	0,40*	ns
Bid fro	ns	ns	ns	ns	0,60*	ns	0,33	ns	ns	0,37*	0,49*	ns	ns	0,89*
Amb art	0,34	0,72*	0,82*	0,74*	0,99*	0,72	0,90*	0,47*	0,26	0,53*	0,80*	0,81*	ns	0,80*
Eri ann	ns	ns	ns	ns	0,42*	ns	ns	0,24	ns	0,46*	0,55*	ns	ns	0,37*
Ast nov	ns	0,36*	0,81*	ns	0,52*	ns	0,47*	0,32	0,31	0,69*	ns	ns	ns	ns
Ace neg	ns	0,73*	ns	ns	0,34	0,40*	ns	ns	ns	0,56*	0,69*	ns	0,96*	0,91*
Con can	ns	ns	0,71*	0,28	0,35	ns	0,33	0,37	ns	0,66*	ns	ns	ns	ns
Par qin	ns	0,36*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,56*	0,47*	ns	0,48*	0,82*

\*( $rs \geq 0,35$ ;  $p \leq 0,01$ ); ( $0,26 \leq rs \leq 0,35$ ;  $p \leq 0,05$ ); ns = ni statistično značilno

#### 4.6.1 Korelacije med domorodnimi in invazivnimi tujerodnimi taksoni rastlin obrežnega pasu

Izračunali smo korelacije med posameznimi invazivnimi tujerodnimi taksoni in med številom domorodnih ter invazivnih tujerodnih taksonov. Rezultati so prikazani v Preglednici 7.

Vrstna pestrost v obrežnem pasu je v pozitivni korelaciji s številom domorodnih taksonov v obrežnem pasu. Vrsta *Rudbeckia laciniata* ima šibko pozitivno korelacijo s številom domorodnih taksonov, medtem ko vrsta *Acer negundo* negativno vpliva na število domorodnih taksonov.

Število ITT v spodnjem delu reke Save je v pozitivni korelaciji z naslednjimi taksoni: *Solidago gigantea*, *Solidago canadensis*, *Robinia pseudacacia*, *Helianthus tuberosus*, *Echinocystis lobata*, *Ailanthus altissima*, *Erigeron annuus*, *Aster novi-belgii*, *Parthenocissus quinquefolia*.

Vrste *Conyza canadensis*, *Rudbeckia laciniata* in *Bidens frondosa* se ne pojavljajo tam, kjer je vrsta *Echinocystis lobata*.

Pojavljanje vrste *Impatiens glandulifera* je v pozitivni korelaciji z vrsto *Robinia pseudacacia*.

Vrsti *Solidago canadensis* in *Solidago gigantea* se pojavljata tam, kjer je prisotna vrsta *Acer negundo*.

Vrsta *Rudbeckia laciniata* je razširjena na mestih, kjer sta prisotni vrsti *Aster novi-belgii* in *Conyza canadensis*.

Razširjenost vrste *Conyza canadensis* je v pozitivni korelaciji z vrstama *Acer negundo* in *Parthenocissus quinquefolia*.

Preglednica 7: Značilne korelacije med domorodnimi in invazivnimi tujerodnimi taksoni rastlin obrežnega pasu spodnjega dela reke Save. Okrajšave vrst so predstavljene v Preglednici 4.

Table 7: Significant correlations between native and alien invasive plants taxa along the lower part of the river Sava. Abbreviations of species are presented in Table 4.

	Št. domorodnih taksonov v OP	Št. vseh taksonov v OP	Št. ITT	Hel tub	Ech lob	Imp gla	Sol gig	Sol can	Rud lac	Bid fro	Ast nov	Ace neg	Con can
Št. vseh taksonov v OP	0,96*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Hel tub	ns	0,27*	0,56*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ech lob	ns	ns	0,51*	0,32*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Ali alt	ns	ns	0,28*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Imp gla	ns	0,27*	ns	ns	0,29*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sol gig	ns	ns	0,51*	0,31*	0,44*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sol can	ns	ns	0,42*	0,28*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Rob pse	ns	ns	0,52*	ns	0,41*	0,34*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Rub lac	0,26	0,29*	ns	0,29*	-0,33*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Bid fro	ns	ns	ns	ns	-0,37*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Amb art	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,28*	ns	ns	ns
Eri ann	ns	ns	0,37*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,35*	ns	ns	ns
Ast nov	ns	ns	0,41*	0,29*	ns	ns	ns	ns	0,40*	ns	0,37*	ns	ns
Ace neg	-0,29*	ns	0,41*	ns	ns	ns	0,37*	0,44*	ns	ns	ns	ns	ns
Con can	ns	ns	ns	ns	-0,33*	ns	ns	ns	0,36*	ns	0,42*	0,41*	ns
Par qui	ns	ns	0,35*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	0,41*

\*( $r_s \geq 0,35$ ;  $p \leq 0,01$ );  $\cdot$ ( $0,26 \leq r_s \leq 0,35$ ;  $p \leq 0,05$ ); ns = ni statistično značilno

## **5 RAZPRAVA IN SKLEPI**

### **5.1 RAZPRAVA**

#### **5.1.1 Značilnosti obrežnega pasu**

Primarne spremenljivke, ki usmerjajo porazdelitev in abundanco organizmov v rekah in njihovem obrežju, so abiotski dejavniki (Stanford in sod., 1996). V naši raziskavi smo največ variabilnosti v pojavljanju invazivnih tujerodnih taksonov rastlin statistično značilno pojasnili s hitrostjo vodnega toka, strukturo rečnega brega, značilnostjo vodne vegetacije, obliko struge, obrežno vegetacijo znotraj 10-metrskega pasu ob strugi in s spremembami v rečni strugi. Abiotski dejavniki so pogosto v korelaciji. Del variabilnosti, ki jo pojasnjuje posamezni abiotski dejavnik, je lahko še zajet v deležu variabilnosti, ki jo pojasnimo z drugim abiotskim dejavnikom (Kuhar, 2010).

Struga reke Save je bila že večkrat spremenjena, in sicer v zadnjih desetletjih za pridobivanje električne energije. V letu 2008 je bila struga naravna le na 28 % popisnih mest. Danes je ta odstotek nižji, saj se gradnje hidroelektrarn nadaljujejo (Kvaternik, 2009). Negativna korelacija med spremembo rečne struge in višino domorodnih taksonov rastlin je posledica zajezitve reke in drugih človekovih vplivov. Na vrstno sestavo obrežne vegetacije in s tem tudi na njeno višino vplivata tok reke in režim motenj (Naiman in Decamps, 1997).

Regulacije rek vplivajo na hidrološke, geomorfološke in biološke spremenljivke. Po regulaciji rek se zmanjša pokrovnost vegetacije in število vrst (Nilsson in sod., 1997). V obrežnih pasovih uspevajo tudi rastline, ki so tja prišle z vodnim tokom (Schneider in Scharitz, 1988). Jezovi ovirajo širjenje rastlinskih razmnoževalnih struktur, zaradi spremenjenega vodnega režima ne nastajajo nove lokacije, kjer bi bila mogoča naselitev obrežnih vrst (Wissmar in Beschta, 1998). Vrste, ki kolonizirajo obrežne površine, tako nemalokrat prihajajo od drugod (Nilsson in sod., 1993). Poglavljanje struge reke znižuje raven vode, kar vpliva na obrežno vegetacijo (Ward in Stanford, 2006). Tudi upočasnitev hitrosti vodnega toka vpliva na hidrohorijo (pasivno razširjanje organizmov z vodo) (Nilsson in sod., 2010).

Hobbs in Humphris (1995) navajata, da na širjenje invazivnih tujerodnih vrst rastlin vplivata zgodovina rabe zemljišča in sedanji vzorec rabe. Statistična analiza je potrdila povezavo med pojavljanjem ter zastopanostjo ITT in rabo tal v zaledju ( $r_s = 0,90$ ) v Preglednici 6. Na 9 % popisnih mest so bile prisotne urbane površine, ki naj bi bile po navajanju avtorjev Loewenstein in Loewenstein (2005) večje tveganje za vnos ITV, saj se poveča število diaspor iz okrasnih zasaditev. Omenjena avtorja navajata, da so ITV na območjih z urbanimi površinami predstavljale 20–33 % vseh vrst, medtem ko na ostalih ruderalnih območjih le 4–14 % vrst v vegetaciji.

### 5.1.2 Značilnosti prisotne vegetacije v obrežnem pasu

Največji delež variance pojavljanja ITT (Preglednica 5) je bil pojasnjen z naslednjima biotskima dejavnikoma: obrežno vegetacijo znotraj 10 metrskega pasu in delom obrežja ter vodno vegetacijo. V primerjavi z drugimi naravnimi sistemi so obrežni pasovi kot ekotoni zelo nagnjeni k širjenju ITV zaradi dinamične hidrologije in vloge koridorja, ki ga ob tem opravljajo (Richardson, 2007). Loo in sodelavci (2009) so ugotovili, da se na mestih, kjer so iz obrežne vegetacije odstranjene lesne rastline, ITV širijo hitreje, saj se spremenijo svetlobne razmere, ki pa ne omogočajo enako učinkovitega širjenja avtohtonih vrst. Lyon in Gross (2005) navajata, da so lokacije, kjer prevladuje grmovje, dovzetnejše za ITV kot mesta, kjer prevladuje drevesna obrežna vegetacija. Vendar raziskave kažejo, da tudi gozdovi brez antropogenih motenj niso povsem odporni na kolonizacijo ITV, saj se le-te naseljujejo v naravnem režimu motenj (Reinhart in sod., 2006). Npr. vrsta *Fallopia japonica* kolonizira tako sončne kot senčne habitate, kar velja tudi v našem primeru. Kar na desetih mestih je bila prisotna vegetacija samo iz zelnatih vrst. To pomeni, da je na tem mestu večja verjetnost za kolonizacijo ITV (Zelnik, 2012).

Na preučevanem delu Save ni bilo lokacije (Slika 4), da ne bi našli ITV, kar dokazuje, da se ITV širijo v vse oblike obrežne vegetacije. Razlika je le v tem, da je tam, kjer je obrežna vegetacija še bolj prvobitna, ITV manj.

Obrežni pas reke Save je na velikih mestih spremenjen zaradi posegov ob gradnji hidroelektrarn, kar se odraža v strukturi obrežne vegetacije. Po številu domorodnih taksonov prevladujejo zelišča (Priloga O). Drevesne vrste so ohranjenje tam, kjer že nekaj časa ni bilo večjih posegov.

Vpliv okolja in človeka smo prikazali z analizo Raunkiaerjevih življenjskih oblik. Med domorodnimi rastlinskimi taksoni (Slika 8) so bili na lokacijah največkrat popisani hemikriptofiti in fanerofiti, sledili so geofiti, hamefiti, hemikriptofit/hamefiti. Prevladujoč delež hemikriptofitov kaže, da ekološke razmere v tem pasu niso najbolj ugodne, čeprav smo popisali tudi nekaj fanerofitov. Opaznejša prisotnost geofitov, fanerofitov in hamefitov je povezana z obliko razširjanja in sposobnostjo vegetativnega razmnoževanja. Terofiti so prisotni na mestih, kjer je več motenj. To jim omogoča sposobnost za kolonizacijo odprtega prostora (širijo se z vetrom) in učinkovito pridobivanje virov (učinkovitejše izkoriščanje razpoložljive svetlobe) ter pogosto rozetaste oblike telesa (McIntyre in sod., 1997).

Med ITT so prevladovali geofiti in terofiti, sledili so hemikriptofiti in fanerofiti.

### 5.1.3 Invazivni tujerodni taksoni rastlin v obrežnem pasu

Od Zidanega Mostu pa do državne meje je bilo v letu 2008 na 55 izbranih lokacijah obrežnega pasu zabeleženih 16 invazivnih tujerodnih taksonov rastlin. Ob ponovnem pregledu 2013 smo na istih lokacijah našli še 4 nove. Po rezultatih na Sliki 4 prevladujejo *Solidago gigantea*, *Helianthus tuberosus*, *Robinia pseudacacia* in *Fallopia japonica* ter njen križanec. To so ITT, ki imajo najbolj negativen vpliv na domorodno rastlinstvo, saj večina med njimi tvori visoke sestoje in s tem onemogoča naselitev in rast domorodnim rastlinskim vrstam. Glede na rezultate (Slika 5) so največjo pokrovnost dosegale vrste *Robinia pseudacacia*, *Fallopia japonica*, ki imajo zelo negativen vpliv na domorodno vegetacijo (Zelnik, 2012). Ko smo leta 2013 ponovno pregledovali popisne odseke, smo japonski dresnik in njegovega križanca našli še na 8 novih lokacijah (Preglednica 4). Tam, kjer sta ustaljena, tvorita enovrstne sestoje. Križanec *Fallopia x bohemica* se uspešno širi

zaradi poliploidnosti in vegetativnega razmnoževanja. Sama velikost rastline, velika listna površina, obsežne korenike, hitra rast stebela in korenike rastlini spomladi omogočajo učinkovito fotosintezo in preskrbo s hranili. Oba taksona tolerirata izsušena tla in spreminjanje obrežja zaradi človekove dejavnosti. Vrsta *Fallopia japonica* je pionirska vrsta, ki kolonizira mesta, kjer je bila obrežna vegetacija odstranjena in uspevajo vrste iz rodu *Populus* in *Salix* ter v nasadih gojenih topolov. V primeru stalnih stresov (pomanjkanje hranil ali vode, ob cestah in nasipih) vrsta *Fallopia japonica* preživi, vendar nikoli ne postane invazivna (Schnitzler in Muller, 1998). Po raziskavah (Murrell in sod., 2010) je križanec *Fallopia x bohemica* uspešen pri širjenju zaradi alelopatskih spojin, ki jih sprošča v tla. Alelopatske spojine s protimikrobnim in protiglivnim učinkovanjem sproščata tudi japonski in sahalinski dresnik (Ione in sod., 1992). Vendar več avtorjev meni (Pyšek in sod., 2003), da ohranja konkurenčno premoč z omejevanjem razpoložljive svetlobe, alelopatija je še dodatni mehanizem, ki jim omogoča razširjenje. Ko so v raziskavi merili osvetljenost pod grmom vrste *Fallopia x bohemica* 20 cm nad tlemi, so izmerili le 1 % polne dnevne svetlobe (Zelnik, 2012).

Pojavljanje vrste *Robinia pseudacacia* je v korelaciji z višino domorodnih taksonov v obrežnem pasu, saj se naseli le na sončnih rastiščih, ne uspeva pa v senci (Sukopp in Wurzel, 2000). V našem primeru ta korelacija ni bila značilna, je pa njeno pojavljanje v spodnjem delu reke Save v korelaciji z rabo tal v zaledju ( $r_s = 0,90$ ) (Preglednica 6), saj se pojavlja kot pionirska vrsta (Call in Nilsen, 2003). Hitra kaljivost semen, obsežen koreninski sistem in hitra rast ji omogočajo konkurenčno prednost v primerjavi z ostalimi pionirskimi rastlinami v tekmi za svetlobo. Večina rastlin propade, sama pa tvori sestoje (Converse, 1984, cit. po Sabo 2000).

Glede na rezultate v Preglednici 4 največ predstavnikov ITT prihaja iz družine nebinovk (*Asteraceae*). Podobno stanje so ugotovili v Triglavskem narodnem parku (Petras Sackl in Menegaliya, 2012) in drugod po Evropi (Pyšek, 2009). Nebinovke so družina z velikim številom vrst in evolucijsko najnaprednejša skupina (Weber, 1997). Za njih so značilne naslednje lastnosti, zaradi katerih so uspešne v procesu invazivnega širjenja: velika



količina semen, specializirane strukture za razširjanje, visok delež apomikse in izločanje alelopatških spojin.

V našem primeru sta bili največkrat zastopani vrsti *Solidago gigantea* in *Helianthus tuberosus*. Slednja je bila po navajanju Žolnirja (1984) opažena že leta 1984 (lokacije 4, 5, 6) in še na otokih v okolici Blance (lokacija 24), danes pa je razširjena v obrežnem pasu vzdolž reke Save. Po naši raziskavi (Preglednica 6) na kolonizacijo vrste statistično značilno najbolj vpliva raba tal v zaledju oz. prisotnost kmetijskih zemljišč ( $r_s = 0,965$ ), dinamika toka ( $r_s = 0,877$ ). Širjenje vrste *Helianthus tuberosus* je v pozitivni korelaciji s posegi v rečni breg. Hejda in Pyšek (2009) sta v svoji raziskavi ugotovila, da ima vrsta kljub svojem habitusu majhen vpliv na obrežno vegetacijo, kar smo potrdili tudi v naši raziskavi (Preglednica 7), saj je širjenje vrste *Helianthus tuberosus* v pozitivni korelaciji s širjenjem nekaterih vrst iz družine *Asteraceae* (npr. *Solidago gigantea*, *Solidago canadensis*, *Rudbeckia laciniata*).

Pojavljanje vrste *Solidago gigantea* je glede na rezultate v Preglednici 6 v korelaciji z rabo tal v zaledju in vodnim tokom, ne pa z višino obrežne vegetacije, ki vpliva na osončenost habitata. Po raziskavah (Jacobs in sod., 2004) senca dreves povzroči manjšo velikost rastline in socvetja, kar vpliva na produkcijo in širjenje semen, to pa na širjenje vrste. Da je vrsta *Solidago gigantea* v primerjavi z vrsto *Solidago canadensis* pogostejša v obrežnem pasu, je povezano z njeno zahtevo po vlažnih tleh, kjer tvori najvišje sestoje (Abrahamson in sod., 2005). Ostale nebinovke se pojavljajo v manjših skupinah (Slika 5). Vrsti *Erigeron annuus* in *Ambrosia artemisiifolia* imata nižji habitus in življenjsko strategijo, ki jima ne omogoča tvorbe večjih sestojev, kar se odraža v nižji invazivnosti (Zelnik, 2012). Vrsta *Conyza canadensis* je razširjena vzdolž Save, pojavlja se tudi ob cesti, vendar po mnenju Anastasiu in Negrean (2006) nima vpliva na domorodno vegetacijo.

Raznolikost v pojavljanju vrste *Impatiens glandulifera* je povezana z dinamiko vodnega toka (Slika 11). Rastlina se širi s semeni, ki jih lahko nosi vodni tok (Frajman, 2008). Njeno pojavljanje je statistično značilno v korelaciji s strukturo bregov ( $r_s = 0,85$ , Preglednica 6), sklenjeno obrežno vegetacijo in že prisotnimi ITT v obrežnem pasu. V letu 2008 na popisnih mestih ni bila med vrstami, ki so se pojavljale v večjih sestojih (Slika 5).

V letu 2013 smo na štirih lokacijah popisali še vrsto *Impatiens parviflora*, ki je bila prisotna na mestih, kjer so zaradi urejanja vodotoka prvotno vegetacijo odstranili. Hejda in Pyšek (2006, cit. po Hulme in Bremmer, 2006) navajata, da njena prisotnost ne pomeni nujno negativnega vpliva na vrstno sestavo rastlin v združbi, ampak premik v ruderalno združbo nitrofilnih vrst. Chittka in Schurkens (2001) navajata, da ima vrsta negativni vpliv na avtohtone opraševalce.

Sklenjenost obrežne vegetacije, posegi v rečni breg in struktura rečnega brega spodnjega dela reke Save so v pozitivni korelaciji (Preglednica 6) z razširjenostjo vrste *Echinocystis lobata*, ki raste na osvetljenih mestih kot vzpenjavka med grmovjem (Klotz, 2007). Večkrat je opažena na lokacijah dolvodno od Krškega, kjer so prisotne poplavne ravnice in nihanje višine vodne gladine. Po rezultatih statistične analize je vrsta *Echinocystis lobata* (Preglednica 7) v negativni korelaciji z naslednjimi tremi vrstami: *Rudbeckia laciniata*, *Bidens frondosa* in *Conyza canadensis*. V šibkejši korelaciji z višino domorodnih taksonov v obrežnem pasu je vrsta *Parthenocissus quinquefolia* (Preglednica 6), ki uspeva na soncu in dobro prenaša senco. Pojavlja se na poplavnih ravninah nižje od Krškega, kjer pokriva tla in se vzpenja po drevesih.

Vzdolž obrežnega pasu se širita še lesnati vrsti *Acer negundo* in *Ailanthus altissima*, ki sodita v skupino ITV z negativnim vplivom na biotsko raznovrstnost, kar pa smo dokazali le v primeru vrste *Acer negundo* ( $r_s = -0,292$ , Preglednica 7), ki je v negativni korelaciji s številom domorodnih taksonov v obrežnem pasu. Na popisnih lokacijah ni nobena od njih tvorila sestojev, čeprav so danes že opazni sestoji vrste *Ailanthus altissima*. To je povezano z alelopatskimi snovmi, ki jih rastlina vsebuje in z njimi zavira rast rastlin v okolici (De Feo in sod., 2009). Njegovo pojavljanje je v korelaciji z dinamiko vodnega toka in posegi v rečni breg ( $r_s = 0,692$ ) v Preglednici 6.

Z nobenim od izbranih okoljskih parametrov nismo s CCA uspeli pojasniti več kot 5 % variabilnosti v pojavljanju invazivnih tujerodnih taksonov. Pojasnili smo le 18 % celotne variabilnosti ITT v obrežnem pasu. Glede na rezultate imajo izbrani dejavniki manjšo

vlogo pri pojavljanju ITT. Verjetno imata velik pomen čas in obseg zadnje motnje v obrežnem pasu, kar smo pokazali s statistično značilnimi korelacijami.

Mesta, kjer smo popisovali podatke, so deli nižinskega vodotoka, kjer prevladujejo s hranili bogata tla (Jogan, 2009) in imajo visoko pogostost ITT, ki ta mesta kolonizirajo ob motnjah zaradi menjavanje nivoja vode in hidrotehničnih ukrepov.

ITT vzdolž obrežnega pasu širijo sestoje, kolonizirajo nove habitate. Pojavljajo pa se tudi nove ITT. Glede na podatke Žolnir (1984) iz spodnjega dela reke Save (Preglednica 8) so bile že takrat prisotne 4 ITV. Ob pregledu leta 2013 (29 let kasneje) smo našli še 17 novih.

Preglednica 8: Pojavljanje invazivnih tujerodnih taksonov rastlin v letih 1984 in 2013

Table 8: The occurrence of invasive alien taxa in years 1984 and 2003

Vrste	Prisotnost 1984	Prisotnost 2013
<i>Acer negundo</i>		X
<i>Ailanthus altissima</i>		X
<i>Ambrosia artemisifolia</i>		X
<i>Aster novi-belgii</i>		X
<i>Bidens frondosa</i>		X
<i>Buddleja davidii</i>		X (21)*
<i>Fallopia japonica</i>		X(4, 29, 37,44)*
<i>Fallopia x bohemica</i>		X (2, 5, 11, 13, 16, 17, 36, 41, 42)*
<i>Echinocystis lobata</i>	X	X
<i>Erigeron annuus</i>		X
<i>Helianthus tuberosus</i>	X	X
<i>Amorpha fruticosa</i>		X(20)*
<i>Impatiens glandulifera</i>	X	X
<i>Impatiens parviflora</i>		X(35, 36, 42, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 54)*
<i>Parthenocissus quinquefolia</i> agg.		X
<i>Physocarpus opulifolius</i>		X(52)*
<i>Robinia pseudacacia</i>		X
<i>Rudbeckia laciniata</i>	X	X
<i>Solidago canadensis</i>		X
<i>Solidago gigantea</i>		X
<i>Conyza canadensis</i>		X

\*V oklepaju so navedene lokacije, kjer so taksoni prisotni.

Na naših popisnih mestih nismo našli sirske svilnice (*Asclepias syriaca*) in poljske predenice (*Cuscuta campestris*), ki sta prisotni v obrežnem pasu spodnjega delu reke Save (Jogan, 2009).

Med rastlinami, ki jih ne uvrščamo med ITT, smo popisali 187 rastlinskih taksonov (Priloga O). Poleg domorodnih rastlinskih taksonov je bilo tudi 6 tujerodnih (*Aesculus hippocastanum*, *Oxalis dillenii*, *Panicum capillare*, *Morus nigra*, *Galinsoga ciliata*, *Galinsoga praviflora*). Verjetno je, da je bila prisotna tujerodna vrsta tudi pri rodovih *Setaria*, *Juncus* in *Amaranthus*, ki jim nismo določili vrst, imajo pa pri nas prisotne tujerodne vrste. Vse to so vrste, ki bi se v prihodnosti lahko razširile, vendar moramo ob tem upoštevati isledke študij, kjer se od vseh tujerodnih vrst ustali 10 % vrst, od teh pa jih približno 10 % sčasoma postane invazivnih. V Evropi se je v obdobju 1980 - 2000 v povprečju ustalilo 6,5 tujerodnih rastlinskih vrst (Kus Veenvliet, 2009).

#### **5.1.4 Uporabnost podatkov**

Zbrani podatki o pojavljanju in širjenju ITT v spodnjem delu reke Save so pomembna informacija za načrtovalce posegov v rečni breg in upravljanje le-tega. Reka Sava teče na Hrvaško in s seboj odnese propagule ITT. S kanonično korespondenčno analizo je bilo ugotovljeno, da na razširjenost ITT rastlin vplivajo vodni tok, obrežna vegetacija znotraj 10-metrskega pasu, prisotnost makrofitov, oblika struge, struktura bregov, spremembe rečne struge. S korelacijsko analizo smo dokazali, da posegi v rečno strugo, rečni breg skupaj z uporabo zemljišč v zaledju statistično značilno povečujejo možnost za širjenje že obstoječih ITT in kolonizacijo novih.

## 5.2 SKLEPI

- *Posegi v rečni breg razvrednotijo obrežni pas in s tem olajšajo naselitev ter širjenje invazivnih tujerodnih vrst rastlin.*

Pri gradnji hidroelektrarn je vzdolž vodotoka obrežna vegetacija v celoti odstranjena. Med pionirskimi vrstami, ki kolonizirajo izpraznjena mesta, so najprej ITV, ki se širijo z vodnim tokom in vetrom. Propagule rastlin so tudi v zemlji, ki se premešča med urejanjem obrežnih površin.

Med taksoni, ki se uspešno širijo, sta *Fallopia japonica* in njen križanec *Fallopia x bohemica*. Na golih površinah so bile opažene vrste *Impatiens parviflora*, *Echinocystis lobata* in druge. Zaradi konkurenčnosti se invazivne tujerodne rastline hitreje širijo in s tem onemogočajo ustalitev domorodnim vrstam rastlin. Na izpraznjena mesta se naseljujejo nove invazivne tujerodne vrste rastlin, kot so *Buddleja davidii* in *Amorpha fruticosa*.

- *Širjenje invazivnih tujerodnih vrst rastlin v obrežje reke Save je večje, če so v zaledju obdelovalne površine.*

Statistična analiza je pokazala pozitivno povezavo med kmetijskimi in urbanimi zemljišči v zaledju ter številom invazivnih tujerodnih vrst rastlin v obrežnem pasu.

- *V odsekih, kjer je primarna obrežna vegetacija manj spremenjena, je manj invazivnih tujerodnih vrst rastlin.*

Invazivne tujerodne taksone rastlin smo popisali na prav vseh 55 mestih v obrežnem pasu vzdolž reke Save, tako tam, kjer je domorodna vegetacija lesnatih kot zelnatih vrst.

- *Posamezne invazivne tujerodne vrste rastlin se pojavljajo v enovrstnih sestojih, ki se širijo v zaledje.*

Enovrstne sestoje so tvorili taksoni *Fallopia japonica*, *Fallopia x bohemica*, *Solidago gigantea*, *Solidago canadensis*, *Helianthus tuberosus* in *Robinia pseudacacia*, ki so dosegali najvišjo pokrovnost na popisanih odsekih.

Vrste *Solidago gigantea*, *Solidago canadensis*, *Robinia pseudacacia*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Aster novi-belgi* in *Helianthus tuberosus* se širijo v zaledje, če so tam obdelovalne površine.

- *Vzdolž pregledanega dela reke Save se spreminja sestava invazivnih tujerodnih vrst rastlin.*

Vrstna sestava invazivnih tujerodnih taksonov je v korelaciji z naslednjimi značilnostmi obrežnega pasu: posegi v rečni breg, obliko struge, strukturo bregov, spremenjenostjo rečne struge, značilnosti obrežne vegetacije znotraj 10-metrskega pasu. Vrsta *Solidago canadensis* se npr. širi tam, kjer je rečni breg spremenjen; v obrežnem pasu so prisotna drevesa, v zaledju kmetijske površine, vodotok je kanaliziran. Drevesna vrsta *Robinia pseudacacia* pogosto tvori sklenjene sestoje na mestih, kjer so prisotni tudi drugi invazivni tujerodni taksoni v obrežnem pasu, je rečni breg utrjen in ni spodjedanja bregov ter meandrov in brzic, v zaledju so kmetijske površine.

Delež invazivnih tujerodnih taksonov rastlin vzdolž spodnje Save narašča, kar je povezano z višjo povprečno letno temperaturo, ki je značilna za Krško ravan.

## 6 POVZETEK (SUMMARY)

### 6.1 POVZETEK

Obrežni pas je prehod med vodnim in kopnim okoljem, na katera tudi močno vpliva. Rastline, ki uspevajo v tem območju, določajo trofične ravni v heterotrofnem vodnem ekosistemu, preprečujejo erozije, zmanjšujejo spiranje hranil iz prispevnega območja in so vir vrst, ki se širijo v kopenske ekosisteme. Obrežnim rastlinam preživetje omogoča spolno in nespolno razmnoževanje, velikost semen, čas mirovanja, mehanizem za razširjenje semen in dolga življenjska doba. Zaradi naravnih motenj, ki nastanejo ob nihanju vodostaja in vplivov človeka, so obrežni pasovi med vsemi habitatnimi tipi najbolj dovzetni za invazivne tujerodne rastlinske vrste.

Leta 2008 smo v spodnjem delu reke Save, ki sega od Zidanega Mosta pa do državne meje, na 55 lokacijah, ki so bile med seboj oddaljene 1 km, popisali značilnosti obrežnega pasu ter domorodne in invazivne tujerodne vrste rastlin. Na osnovi obrazca, ki smo ga priredili po RCE metodi, smo popisali naslednje značilnosti, ki vplivajo na obrežno vegetacijo: hitrost vodnega toka, rabo zemljišča za obrežno vegetacijo, obliko struge, spremembo rečne struge, strukturo bregov, vrsto posegov v rečni breg, dinamiko rečnega toka, rabo tal v zaledju. Pri obrežni vegetaciji smo ocenili širino cone obrežne vegetacije, sklenjenost, višino domorodne vegetacije in obrežno vegetacijo znotraj 10-metrskega pasu ob strugi. Vrednotili smo prisotnost vodne vegetacije. Pri invazivnih tujerodnih vrstah rastlin smo za vsako vrsto posebej ocenili pokrovnost, fenološko fazo, vitalnost in razporeditev znotraj obrežnega pasu. Na izbranem popisnem mestu smo tako 50 metrov po toku navzgor in 50 m po toku navzdol popisali še prisotnost domorodnih rastlinskih vrst. Vsem popisanim rastlinskim vrstam smo določili Raunkierjeve življenjske oblike.

Z multivariatno statistično kanonično korespondenčno analizo (CCA – Canonical Correspondence Analysis) smo analizirali povezavo med okoljskim spremenljivkami ter pojavnostjo vrst. S Spearmanovim koeficientom smo računali korelacije med habitatnimi spremenljivkami, domorodnimi rastlinskimi taksoni, invazivnimi tujerodnimi taksoni, življenjskimi oblikami rastlinskih taksonov.

Leta 2008 smo na izbranih lokacijah popisali 16 invazivnih tujerodnih rastlinskih taksonov (*Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Aster novi-belgii*, *Bidens frondosa*, *Fallopia japonica*, *Echinocystis lobata*, *Erigeron annuus*, *Helianthus tuberosus*, *Impatiens glandulifera*, *Parthenocissus quinquefolia* agg., *Robinia pseudacacia*, *Rudbeckia laciniata*, *Solidago canadensis*, *Solidago gigantea*, *Conyza canadensis*). Največje sestoje tvorita taksona *Fallopia japonica* in *Robinia pseudacacia*. Sestoje, ki so obsegali do 75 m dolžine na posameznem odseku obrežnega pasu, so tvorile vrste: *Parthenocissus quinquefolia*, *Fallopia japonica*, *Robinia pseudacacia*, *Helianthus tuberosus* in *Solidago gigantea*. Glede na Raunkiaerjeve življenjske oblike je največ taksonov geofitov in terofitov, sledijo še hemikriptofiti in fanerofiti. Med domorodnimi taksoni prevladujejo hemikriptofiti, fanerofiti, sledijo terofiti in geofiti.

Za obrežni pas reke Save v spodnjem delu smo v večini primerov ugotovili, da je rečni breg stabilen in utrjen s kamni. V zaledju prevladujejo kmetijske površine, kjer to omogoča teren (le na 16 % popisnih lokacij je gozd). Vodni tok v strugi Save je na 2/3 popisnih mest komaj opazen, od Krškega naprej je nekoliko hitrejši. Na 2/3 lokacij v obrežnem pasu prevladujejo pionirske oz. travniške vrste rastlin, drevesa so bila prisotna na 31 popisnih mestih.

Spremenljivke, ki pojasnjujejo pojavnost ITV v spodnjem toku reke Save, so: vodni tok (4,8 %), vodna vegetacije (4,1 %), obrežna vegetacija znotraj 10-metrskega pasu (2,6 %), oblika struge (3,0 %) struktura bregov (2,2 %), in spremembe rečne struge (2,0 %). S spremenljivkami okolja statistično značilno ( $P \leq 0,05$ ) pojasnimo 17,8 % variance invazivk.

Spearmanove koeficiente korelacije smo izračunali za značilnosti obrežnega pasu in posamezne invazivne tujerodne taksoni. Povečana kolonizacija invazivnih tujerodnih vrst je povezana s spodjedanjem bregov, obliko struge, prisotnostjo sklenjene obrežne vegetacije in vodnim tokom, kjer so odsotne brzice in tolmoni ter je vodotok kanaliziran. Med ITT smo statistično značilni negativni vpliv na vrstno pestrost dokazali le v primeru vrste *Acer negundo* ( $r_s = -0,292$ ).



Sestoji invazivnih tujerodnih vrst vzdolž obrežnega pasu se širijo in kolonizirajo nove habitate. Pojavljajo pa se tudi nove invazivne tujerodne vrste, saj smo samo leta 2013 na istih popisnih lokacijah našli štiri nove: *Amorpha fruticosa*, *Impatiens parviflora*, *Physocarpus opulifolius* in *Buddleja davidii*. Opazno se širita *Fallopia japonica* in *Fallopia x bohemica*. Na naših popisnih mestih nismo našli sirske svilnice (*Asclepias syriaca*) in poljske predenice (*Cuscuta campestris*), ki sta prisotni v obrežnem pasu spodnjega toka reke Save po navedbah iz literature (Jogan, 2009). Med ostalimi rastlinami smo popisali še 187 taksonov, med katerimi je bilo 6 tujerodnih .

## SUMMARY

A riparian zone is a transition between aquatic and terrestrial environments with significant influence on them. Plants which grow on this area determine trophic level of an ecosystem, prevent erosion, reduce nutrient leaching from a contributing area and present a source for the species that spread to land ecosystems. Plants in the riparian zone are capable of surviving by sexual and non-sexual reproduction. The survival also depends on the size of the seeds, dormancy, different mechanism for seed-spreading and a long life-span. Due to natural and human disturbances, riparian zones are the most susceptible habitats to invasive alien plant species.

To begin with, the characteristics of the riparian zone as well as native and invasive riparian plant species growing there were surveyed at 55 locations, 1 km away from each other, in the lower part of the river Sava, from Zidani Most to the Croatian border in 2008. A form, adapted according to the RCE method, was used to examine the following characteristics that may affect riparian zone vegetation: the flow velocity, the land use beyond the riparian zone vegetation, the channel form, the changes of the channel, the bank structure, interferences into the bank, the stream dynamics and the land use beyond the riparian zone. As far as the riparian zone vegetation is concerned, the assessment of the width of riparian zone vegetation as well as its completeness, height, and the type within the 10-metre zone along the stream was carried out. Moreover, the presence of aquatic vegetation was evaluated, too. In terms of invasive alien plants characteristics, the

following ones were taken into consideration: the cover, phenological phase, vitality and social appearance within the riparian zone. At the same time, the native plant species were surveyed at the same locations and Raunkiaer's life forms identified in all recorded plant species.

The use of a multi-variatic statistics Canonical Correspondence Analysis (CCA) enabled the analysis of the relation between environmental variables and the species appearance and abundance. The compilations were made with the software application programme CANOCO, version 4.5. Spearman's coefficient was applied to calculate the correlations among habitat variables, native vegetation, invasive alien vegetation, life-form plant species and invasive alien species.

Furthermore, 16 invasive alien plant taxa, namely: *Acer negundo*, *Ailanthus altissima*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Aster novi-belgii*, *Bidens frondosa*, *Fallopia japonica*, *Echinocystis lobata*, *Erigeron annuus*, *Helianthus tuberosus*, *Impatiens glandulifera*, *Parthenocissus quinquefolia* agg., *Robinia pseudacacia*, *Rudbeckia laciniata*, *Solidago canadensis*, *Solidago gigantea*, *Conyza canadensis* were discovered at selected sites in 2008. The largest stands were formed by the taxa *Fallopia japonica* and *Robinia pseudacacia*. The stands up to 75 metres long were formed by: *Parthenocissus quinquefolia*, *Fallopia japonica*, *Robinia pseudacacia* and *Helianthus tuberosus* and *Solidago gigantea*. According to Raunkiaer's life-forms, the most of them were geophytes and therophytes, followed by hemicryptophytes and phanerophytes. Hemicryptophytes and phanerophytes prevailed among the native vegetation, followed by therophytes and geophytes.

It was also established that the riparian zone of the lower stream of the river Sava was stable and fortified with stones; beyond the riparian zone, agricultural areas appeared to be most common (the forest covered only 16 % of the recorded sites), the water flow was very slow at 2/3 of the surveyed sites and a little faster from Krško downstreams. At 2/3 of the sites in the riparian zone, pioneer or grass plant species prevailed, while trees were present at 31 recorded sites.

According to the CCA, the variables explaining the appearance of invasive alien species in the lower stream of the river Sava area are as follows: water flow (4,8 %), the presence of aquatic vegetation (4,1 %), riparian vegetation within the 10-meter band (2,6 %), the structure of banks (2,2 %), shape of the channel (3,0 %), and changes in the channel (2,0 %). In total 17,8 % variance of presence and abundance of invasive alien species was explained by environmental variables.

Spearman's correlation coefficient was calculated to establish the relation between the characteristics of the riparian zone and individual invasive alien plant species. It was proven that an enlarged colonisation of invasive alien species was related to bank disturbance, the land use, the completeness of riparian vegetation, the stream dynamics without rapids or pools and to river regulations. Among all the invasive plants, negative influence on species diversity was statistically proven only in the case of the species *Acer negundo* ( $r_s = -0.292$ ).

In conclusion, the outcomes verify that invasive alien species along the riparian zone spread their stands and colonise new habitats. Apart from that, new invasive alien species appear, as in 2012 alone, the representatives of the species *Amorpha fruticosa*, *Impatiens parviflora*, *Physocarpus opulifolius* and *Buddleja davidii* were detected. Moreover, *Fallopia japonica* and *Fallopia x bohemica* are spreading, too. However, in the riparian zone of the lower stream of the river Sava, the species *Asclepias syriaca* and *Cuscuta campestris* have not been found even though they are believed to be present by some written sources. Among other plants have been inventoried 187 taxa, of which 6 were non-native

## 7 VIRI

- Abrahamson W. G., Doble K. B., Houseknecht H. R., Pecone C. A. 2005. Ecological divergence among five co-occurring species of old-field goldenrods. *Plant Ecology*, 177: 43–56
- Allen M. J. 1992. *Mycorrhizal Functioning. An Integrative Plant-fungal Process*. New York, Chapman & Hall: 534 str.
- Alpert P., Bone E., Holzappel C. 2000. Invasiveness, invasibility and the role of environmental stress in the spread of nonnative plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 3: 52–66
- Anastasiu P., Negrean G. 2006. Alien vascular plants in Dobrogea (Romania) and their impact on different types of habitats. Sofia, Plant, fungal and habitat diversity investigation and conservation Proceedings of IV BBC: 590–596
- Bačič M. 2008. Enoletna suholetnica *Erigeron annuus*. Informativni list 6. <http://www.tujerodne-vrste.info/informativni-listi/INF6-enoletna-sucholetnica.pdf> (30. jun. 2013)
- Baker H. G. 1965. Characteristics and modes of origin of weeds. In *The Genetics of Colonizing Species*. New York, Academic: 147–169
- Bat M., Frantar P. 2009. Sava od Suhadola do hrvaške meje in njeno porečje. V: *Ukročena lepota*. Peternel J. (ur.). Sevnica, Javni zavod za kulturo šport in turizem: 17–24
- Berlin D. J., Perrins J. M. 1993. Biological flora of the British Isles: *Impatiens glandulifera* Royle (*Impatiens royle* Walp.). *Journal of Ecology*, 81: 367–382
- Berling D. J., Bailey J. P., Conolly A. P. 1994. *Fallopia japonica* Houtt.; *Polygonum cuspidatum*. Biological flora of the British Isles. *Journal of Ecology*, 82: 959–979
- Bertacchi A., Lombardi T., A. Onnis. 2001. *Robinia pseudoacacia* in the forested agricultural landscape of the Pisan hills (Italy). V: *Plant invasions. Species ecology and ecosystem management*. Brundu G. (ur.). Leiden, Backhuys Publishers: 41–46
- Berus R. 2004. Drevesne vrste na Slovenskem. Ljubljana, Mladinska knjiga: 302–303
- Billings J., Sherman P. W. 1998. Antimicrobial functions of spices: why some like it hot. *Quarterly Review of Biology*, 73: 3–49
- Bimova K. B., Mandak P., Pyšek P. 2001. Experimental control of *Reynoutria* congeners: a comparative study of a hybrid and its parents. V: *Plant invasion: species ecology and ecosystem management*. Wade M. (ur.). Leiden, Backhuys: 283–290

- Blossey B., Notzöld R. 1995. Evolution of increased competitive ability in invasive nonindigenous plants: a hypothesis. *Journal of Ecology*, 83: 887–889
- Bren L. J. 1993. Riparian zone, stream, and floodplain issues: a review. *Journal of Hydrology*, 150: 227–299
- Call L. J., Nilsen E. T. 2003. Analysis of Spatial Patterns and Spatial Association between the Invasive Tree-of-Heaven (*Ailanthus altissima*) and the Native Black Locust (*Robinia pseudoacacia*). *The American Midland Naturalist*, 150, 1: 1–14
- 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
- Charles H., Dukes J. S. 2008. Impacts of invasive species on ecosystem services. *Biological Invasions*: 217–238
- Cheplick G. P. 2006. A modular approach to biomass allocation in an invasive annual (*Microstegium vimineum*; Poaceae). *American Journal of Botany*, 93: 539–545
- Chittka L., Schurkens S. 2001. Successful invasion of a floral market: an exotic plant has moved in on Europe's river banks by bribing pollinators. *Nature*, 411: 653–654
- Chmura D., Sierka E. 2006. Relation Between Invasive Plant and Species Richness of Forest Floor Vegetation a Study of *Impatiens parviflora* DC. *Polish Journal of Ecology*, 54, 3: 417–428
- Cowie I. D., Werner P. A. 1993. Alien plant species invasive in Kakadu National Park, tropical northern Australia. *Biological Conservation*, 63: 127–135
- Crawley M. J. 1987. What makes a community invulnerable? V: Colonization, Succession, and Stability. Edwards P. J. (ur). London, Blackwell Scientific: 429–453
- Cvitanič I., Sodja E. 2008. Ocena ekološkega in kemijskega stanja voda v Sloveniji za obdobje 2006 do 2008. Ljubljana, ARSO: 30–60
- D'Antonio C. M., Vitousek P. M. 1992. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 23: 63–87
- Dassonville N., Vanderhoeven S., Gruber W., Meerts P. 2007. Invasion by *Fallopia japonica* increases topsoil mineral nutrient concentration. *Ecoscience*, 14: 230–240
- Davide V., Pardos M., Diserens J., Ugazio G., Thomas R., Dominik J. 2003. Characterisation of bedsediments and suspension of the river Po (Italy) during normal

and high flow conditions. *Water Research*, 37, 12: 2847–2864

De Feo V., De Martino L., Quaranta E., Pizza C. 2003. Isolation of phytotoxic compounds from tree of heaven (*Ailanthus altissima* Swingle). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 1177–1180

Décamps H., Planty-Tabacchi A. M., Tabacchi E. 1995. Changes in the hydrological regime and invasions by plant species along riparian systems of the Adour River, France. *Regulated Rivers: Research and Management*, 11: 23–33

Eler K. 2007. Dinamika vegetacije zemljišč v slovenskem Submediteranu: vzorci in procesi ob spremembi tal. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Oddelek za agronomijo: 12 str.

Ellstrand N. C., Whitkus R. Rieseberg L. H. 1996. Distribution of spontaneous plant hybrids. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 93: 5090–5093

Ellstrand N. C., Schierenbeck K. A. 2000. Hybridization as a stimulus for the evolution of invasiveness in plants? *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 97: 7043–7050

Ferreira M. T., Moreira I. 1995. The invasive component of a river flora under the influence of Mediterranean agricultural systems. V: *Plant invasions: General aspects and special Problems*. Wade M. (ur.). Amsterdam, SPB Academic publishers: 117–127

Fetherston K. L., Naiman R. J., Bilby R. E. 1995. Large woody debris, physical process, and riparian forest development in montane river networks of the Pacific Northwest *Geomorphology*, 13: 133–144

Frajman B. 2009. Črnoplodni mrkač, *Bidens frondosa*. Informativni list 21. Jogan N. (ur.). Tujerodne vrste: informativni listi izbranih invazivnih vrst. Gradivo projekta Thuja. <http://www.tujerodne-vrste.info/informativni-listi/INF21-crnoplodni-mrkac.pdf> (30. mar. 2013)

Frajman B. 2008. Žlezava nedotika *Impatiens glandulifera*, Informativni list 4. Tujerodne vrste: informativni listi izbranih invazivnih vrst. Gradivo projekta Thuja. <http://tujerodne-vrste.info/informativni-listi/INF4-zlezava-nedotika.pdf>. (30. mar. 2013)

Francirkova T. 2001. Contribution of the invasive ecology of *Rudbeckia laciniata* in the Czech Republic. V: *Plant Invasions: Species Ecology and Ecosystem Management*. Wade M. (ur.). Leiden, Backhuys Publishers: 89–98

Frantar P. 2008. Vodna bilanca Slovenije 1971–2000. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 76–79

Fumanal B., Girod C., Fried G., Bretagnolle F., Chauvel B. 2008. Can the large ecological

amplitude of *Ambrosia artemisiifolia* explain its invasive success in France? *Weed Research*, 48: 349–359

Govedič M., Lešnik A., Kotarac M. 2008. Pregled živalskih in rastlinskih vrst, njihovih habitatov ter kartiranje habitatnih tipov s posebnim ozirom na evropsko pomembne vrste, ekološko pomembna območja, posebna varstvena območja, zavarovana območja in naravne vrednote na vplivnem območju predvidenih HE Brežice in HE Mokrice (končno poročilo): 188–192

Gregory S. V., Swanson F. J., McKee W. A., Cummins K. W. 1991. An ecosystem perspective of riparian areas. *BioScience*, 41: 540–551

Hejda M. P., Pyšek P. 2006. What is the impact of *Impatiens glandulifera* on species diversity of invaded riparian vegetation? *Biological conservation*, 132: 143–152

Hejda M., Pyšek P. 2009. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. *Journal of Ecology*, 97: 393–403

Hierro J. L., Callaway R. M. 2003: Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant and Soil*, 256: 29–39

Hobbs R. J., Humphries S. E. 1995. An Integrated Approach to the Ecology and Management of Plant Invasions. *Conservation Biology*, 9, 4: 761–770

Hulme P. E., Bremner E. T. 2006. Assessing the impact of *Impatiens glandulifera* on riparian habitats: partitioning diversity components following species removal. *Journal of Applied Ecology*, 43, 1: 43–50

Humphries R. N., Guarino L. 1987. Soil nitrogen and the growth of birch and buddleia in abandoned chalk quarries. *Reclamation & Revegetation Research*, 6: 55–61

Inoue M., Nishimura H., Li H., Mizutani J., 1992. Allelochemicals from *Polygonum sachalinense* Fr. Schm. (Polygonaceae). *Journal of Chemical Ecology*, 18: 1833–1840

Jacobs G., Weber E., Edwards P. J. 2004. Introduced plants of the invasive *Solidago gigantea* (Asteraceae) are larger and grow denser than conspecifics in the native range. *Diversity and Distributions*, 10: 11–19

Jogan N., Bačič T., Frajman B., Leskovar I., 2001. Gradivo za Atlas flore Slovenije. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 443 str.

Jogan N. 2005. Invazivne tujerodne vrste in mokrišča. Novi izzivi za ohranjanje mokrišč v 21. stoletju. Beltram G. (ur.). Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 73 – 79

Jogan N. 2009. Tujerodne rastline v Sloveniji. V: Tujerodne vrste v Sloveniji: zbornik s posveta. Ljubljana. Kus Veenvliet J. (ur.). Grahovo, Zavod Symbiosis: 11–14

- Jogan N., Eler K., Novak Š. 2012. Priročnik za sistematično kartiranje invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst. Zavod Symbiosis in Botanično društvo Slovenije: 54 str.
- Jordan T. E., Whigham D. F., Correll D. L. 1989. The role of litter in nutrient cycling in a brackish tidal marsh. *Ecology*, 70: 196–300
- Kattelman R., Embury M. 1996. Riparian Areas and Wetlands. V: Sierra Nevada Ecosystem Project: Final report to Congress, Assessments, commissioned reports, and background information, Centres for Water and Wildland Resources. California, Davis, University of California, 3: 66 str.
- Kent M., Coker P. 1992. Vegetation description and Analysis: A practical approach. London, Belhaven Press: 363 str.
- Klotz S. 2007. *Echinocystis lobata*. DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe). [http://www.europe-aliens.org/pdf/Echinocystis\\_lobata.pdf](http://www.europe-aliens.org/pdf/Echinocystis_lobata.pdf) (15. jan. 2013)
- Kowarik I., Saumel I. 2007. Biological flora of central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 8: 207–237
- Krebs C., Mahy G., Matthies D., Schaffner U., Tiebre M. S., Bizoux J. P. 2010. Taxa distribution and RAPD markers indicate different origin and regional differentiation of hybrids in the invasive *Fallopia* complex in central-western Europe. *Plant Biology*, 12, 1: 215–223
- Kuhar U. 2010. Razširjenost makrofitov glede na značilnosti izbranih slovenskih vodotokov: doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Oddelek za biologijo: 50–65
- Kuhar U., Gregorc T., Renčelj M., Šraj-Kržič N., Gaberščik A. 2007. Distribution of macrophytes and condition of the physical environment of streams flowing through agricultural landscape in north-eastern Slovenia. *Limnologica*, 37: 146–154
- Kvaternik K. 2009. Hidroelektrarna Krško. V: Ukročena lepotica. Peternel J. (ur.). Sevnica, Javni zavod za kulturo šport in turizem: 222–226
- Kus Veenvliet J. 2009. Grožnja so invazivne tujerodne vrste. V: Tujerodne vrste v Sloveniji: zbornik s posveta. Ljubljana. Kus Veenvliet J. (ur.). Grahovo, Zavod Symbiosis: 4–6
- Lavorel S., McIntyre S., Landsberg J., Forbes T. D. A. 1997. Plant functional classifications: from general groups to specific groups based on response to disturbance. *Trends in Ecology and Evolution*, 12: 474–478



- Ledec G., Quintero J. D. 2003. Good Dams and Bad Dams: Environmental Criteria for Site Selection of Hydroelectric Projects. Latin America and Caribbean Region Sustainable Development, Working Paper, 16: 1-17  
[http://siteresources.worldbank.org/LACEXT/Resources/2585531123250606139/ Good\\_and\\_Bad\\_Dams\\_WP16.pdf](http://siteresources.worldbank.org/LACEXT/Resources/2585531123250606139/Good_and_Bad_Dams_WP16.pdf) (20 jun. 2013)
- Lee C. E. 2002. Evolutionary genetics of invasive species. *Trends in Ecology & Evolution*, 17, 8: 386–223
- Levine J. M., Vila M., D'Antonio C. M., Dukes J. S., Grigulis K., Lavorel S. 2003. Mechanisms underlying the impacts of exotic plant invasions. *Proceedings of the Royal Society of London Biology*, 270: 775–781
- Lipej L., Orlando Bonaca M., Makovec T. 2008. Jadranske babice. Piran, Nacionalni inštitut za biologijo, Morska biološka postaja: 76–77
- Loewenstein N. J., Loewenstein E. F. 2005. Alien plants in the understory of riparian forests across a land use gradient in the Southeast. *Urban Ecosystems*, 8: 79–91
- Loo S. E., Mac Nally R., O'dowd D. J., Lake P. S. 2009. Secondary Invasion Implications of Riparian Restoration for In-Stream Invasion by an Aquatic Grass. *Restoration Ecology*, 17: 378–385
- Lu J. Z., Weng E. S., Wu X. W., Weber E., Zhao B., Li B. 2007. Potential distribution of *Solidago canadensis* in China. *Acta Phytotaxonomica Sinica*, 45: 670–674
- Lyon J., Gross N. M., 2005. Patterns of plant diversity and plant–environmental relationships across three riparian corridors. *Forest Ecology and Management*, 204, 2–3: 267–270
- Malanson G. P. 1993. Riparian landscapes. Cambridge, University Press: 13–37
- MacDougall A. S., Turkington R. 2005. Are invasive species the drivers or passengers of change in degraded ecosystems. *Ecology*, 86: 42–55
- Maron J. L., Monserrat V. 2001. When do herbivores affect plant invasion? Evidence for the natural and biotic resistance hypotheses. *Oikos*, 95: 361–371
- Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Podobnik A., Turk B., Vreš B. 2007. Mala flora Slovenije: ključ za določanje praprotnic in semenk. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 967 str.
- Mayer P. M., Reynolds S. K., Mccutchen, M. D., Canfield T. J. 2007. MetaAnalysis of Nitrogen Removal in Riparian Buffers. *Journal of Environmental Quality*, 36: 1172–1180

- McDonald J. H. 2009. *Handbook of Biological Statistics*. (2nd ed.). Baltimore, Sparky House Publishing: 221–223
- McIntyre S., Lavorel S., Tremont R. M. 1995. Plant life history attributes: their relationships to disturbance response in herbaceous vegetation. *Journal of Ecology*, 83: 31–44
- Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS Slovenije za varstvo okolja. Interaktivni naravovarstveni atlas. [http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas\\_Okolja\\_AXL@Arso](http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso) (30. jun. 2008)
- Murrell C., Gerber E., Krebs C., Parepa M., Schaffner U., Bossdorf O. 2011. Invasive knotweed affects native plants through allelopathy. *American Journal of Botany*, 98: 38–43
- Naiman R. J., D'écamps H., Pollock M. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. *Journal of Applied Ecology*, 3: 209–212
- Naiman R. J., Fetherston K. L., McKay S., Chen J. 1997. Riparian forests. *River Ecology and Management: Lessons from the Pacific Coastal Region*. Naiman R. J., Bilby R. E. (ur). New York: 3 <http://research.eeescience.utoledo.edu/lees/pubs/Naiman98a.pdf> (16. jan. 2013)
- Naiman R. J., Decamps H. 1997. The Ecology of Interfaces: Riparian Zones. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28: 621–658
- Naiman R. J., Rogers K. H. 1997. Large Animals and System-Level Characteristics in Riverine Corridors. *BioScience*, 47: 521–529
- Nikolić L., Čobanović K., Nićin S. 2011. Relation between life forms and ecological indices in lacustrine ecosystem. *Central European Journal of Biology*, 6, 2: 275–282
- Nilsson C., Brown R. L., Jansson R., Merritt D. M. 2010. The role of hydrochory in structuring riparian and wetland vegetation. *Biological Reviews*, 85, 4: 837–858
- Nilsson C., Jansson R., Zinko U. 1997. Long-term responses of river-margin vegetation to water-level regulation. *Science*, 276: 798–800
- Nilsson C. E., Nilsson M. E., Dynesius J. M., Grelsson G., Xiong S., Jansson R., Danvind M. 1993. Processes structuring riparian vegetation. *Current topics in botanical research*. Trivandrum, Council of Scientific Research Integration: 419–431
- Noble I. R. 1989. Attributes of invaders and the invading process: terrestrial and vascular plants. V: *Biological invasions*. Williamson M. (ur.). Chichester, John Wiley and Sons: 301–313

- Perko D., Oražen Adamič M. 1998. Slovenija: pokrajine in ljudje. Ljubljana, Mladinska knjiga: 664–668
- Petersen R. C. 1992. The RCE: a riparian, Channel and environmental inventory for small streams in agricultural landscape. *Freshwater Biology*, 27: 25–306
- Petras Sackl T., Menegaliya T. 2012. Tujerodne rastlinske vrste na območju triglavskega narodnega parka; vrstna sestava, značilnosti rastišča in upravljanje. *Acta Triglavensia*, 1: 5–22
- Prach K. 1994. Seasonal dynamics of *Impatiens glandulifera* in two riparian habitats in central England. In *Ecology and Management of Invasive Riverside Plants*. Chichester, John Wiley Sons: 127–133
- Pyšek O., Prach K. 1993. Plant invasions and the role of riparian habitats—a comparison of four species alien to Central Europe. *Journal of Biogeography*, 20: 413–420
- Pyšek P., Brock J. H., Bímová K., Mandák B., Jarosík V., Koukolíková I., Pergl J., Štěpánek J. 2003. Vegetative regeneration in invasive *Reynoutria* (Polygonaceae) taxa: The determinant of invisibility at the genotype level. *American Journal of Botany*, 90: 1487–1495
- Pyšek P., Lambdon P. W., Arianoutsou M., Kühn I., Pino I., Winter M. 2009. Handbook of Alien Species in Europe. *Invading Nature – Springer Series in Invasion Ecology*, 3: 43–61
- Reinhart O. K., Gurnee J., Tirado R., Callaway M. R. 2006. Invasion through quantitative effects: intense shade drives native decline and invasive success. *Ecological Applications*, 16: 1821–1831
- Richardson D. M., Holmes P. M., Esler K. J., Galatowitsch S. M., Stromberg J. C., Kirkman S. P., Pyšek P., Hobbs R. J. 2007. Riparian vegetation: degradation, alien plant invasions, and restoration prospects. *Diversity and Distributions*, 13: 126–139
- Richardson D. M., Pyšek 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
- Sabo E. A., 2000. *Robinia pseudoacacia* Invasions and Control in North America and Europe. *Student On-Line Journal* 6. 3  
<http://conservancy.umn.edu/bitstream/59729/1/6.3.Sabo.pdf> (2. feb. 2013)
- Schneider R. L., Scharitz R. R. 1988. Hydrochory and regeneration in a bald cypress-water tupelo swamp forest. *Ecology*, 69, 4: 1055–1063
- Schnitzler A., Hale W. B., Alsum E. M. 2007. Examining native and exotic species

- diversity in European riparian forests. *Biological Conservation*, 138, 1–2: 146–156
- Schnitzler A., Muller S. 1998. Ecology and biogeography of highly invasive plants in Europe: giant knotweeds from Japan *Fallopia japonica* and *F. sachalinensis*. *Revue d'Ecologie la Terre et la Vie*, 53: 3–38
- Senegačnik J. 1998. Vlaga v zraku in padavine. V: Senegačnik J. Obča geografija za letnik srednjih šol. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 65–88
- Siemann E., Rogers W. E. 2001. Genetic differences in growth of an invasive tree species. *Ecology Letters*, 4, 6: 514–518
- Skoberne P., 2001. Problematika izumiranja in varstva rastlinskih vrst v Sloveniji. Doktorska disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 20 str.
- Starr F., Starr K., Loope L. 2003. *Buddleia davidii*. Maui, Hawaii, United States Geological Survey - Biological Resources Division.  
[http://www.hear.org/starr/hiplants/reports/pdf/buddleja\\_davidii.pdf](http://www.hear.org/starr/hiplants/reports/pdf/buddleja_davidii.pdf) (30. jun. 2013)
- Stanford J. A., Ward J. V., Liss W. J., Frissell C. A., Williams R. N., Lichatowich J. A., Coutant C. C. 1996. A general protocol for restoration of regulated rivers. *Regulated Rivers: Research and Management*, 12: 391–413
- Stohlgren T. J., Bull K. A., Otsuki Y., Villa C. A., Lee M. 1998. Riparian zones as havens for exotic plant species in the central grasslands. *Plant Ecology*, 138: 113–125
- Strgulc Krajšek S. 2008. Orjaška zlata rozga *Solidago gigantea*. Informativni list 5b. Spletna stran: [tujerodne-vrste.info/informativni-listi/INF5b-orjaska-zlata-rozga.pdf](http://tujerodne-vrste.info/informativni-listi/INF5b-orjaska-zlata-rozga.pdf), Projekt Thuja. (20. jun. 2012)
- Strgulc Krajšek S., Jogan N. 2011. Rod *Fallopia* Adans. v Sloveniji. *Hladnikia*, 28: 17–40
- Sukopp H., Wurzel, A. 2003. The effect of climate change on the vegetation of central european cities. *Urban habitats*, 1: 66–86
- Tabacchi E., Planty-Tabacchi A. M., Salinas M. J., Decamps H. 1996. Landscape structure and diversity in riparian plant communities: a longitudinal comparative study. *Regulated Rivers Research & Management*, 12: 367–390
- Tabacchi E., Lambs L., Guilloy H., Planty-Tabacchi A. M., Muller E., Décamps H. 2000. Impacts of riparian vegetation on hydrological processes. *Hydrological Processes*, 14: 2959–2976

- Tesio F., Vidotto F., Ferrero A. 2012. Allelopathic persistence of *Helianthus tuberosus* L. residues in the soil. *Scientia Horticulturae*, 125: 98–105
- Ter Braak C. J. F., Verdonschot P. F. M. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. *Aquatic Sciences*, 55, 4: 1–35
- Ter Braak C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis a new eigenvector method for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167–1179
- Ter Braak, C.J.F. in Šmilauer, P. 2002. CANOCO release 4 reference manual and user's guide to Canoco for Windows – Software for canonical community ordination. Ithaca, New York, Microcomputer Power: 500 str.
- Turk R. 1990. Ruderalna in adventivna flora Ljubljane. *Scopolia*, 23: 1–24
- Vasić O. 2005. *Echinocystis lobata* (Michx.) Torrey et A. Gray in Serbia. *Acta botanica croatica*, 64, 2: 369–373
- Vila M., Weber E., D'Antonio C. M. 2000. Conservation implications of invasion by plant hybridization. *Biological Invasions*, 2: 207–217
- Ward J. V., Stanford J. A. 2006. Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation. *Regulated Rivers: Research & Management*, 11, 1: 105–119
- Weaver S. E. 2001. The biology of Canadian weeds. *Conyza canadensis*. *Canadian Journal of Plant Science*, 81, 4: 867–875
- Weber E. F. 1997. The alien flora of Europe: a taxonomic and biogeographic review. *Journal of Vegetation Science*, 8, 4: 565–572
- Weber E., Vila M., Albert M., D'Antonio C.M. 1998. Invasion by hybridization: *Carpobrotus* in coastal California. V: *Plant Invasions: Ecological Mechanisms and Human Responses*. Starfinger U., Edwards K., Kowarik I., Williamson M. (ur.). Leiden, Backhuys Publishers: 275–281
- Weber E. 2001. Current and potential range of three exotic goldenrods (*Solidago*) in Europe. *Conservation Biology*, 15, 1: 122–128
- Wissmar R. C., Beschta R. L. 1998. Restoration and management of riparian ecosystems: a catchment perspective. *Freshwater Biology*, 40, 3: 571–585
- With K. A. 2002. The landscape ecology of invasive spread. *Conservation Biology*, 16: 1192–1203

Zelnik I. 2012. The presence of invasive alien plant species in different habitats: case study from Slovenia. *Acta Biologica Slovenica*, 55, 2: 25–38

Zhang Q., Yao L. J., Yang R. Y. 2007. Potential allelopathic effects of an invasive species *Solidago canadensis* on the mycorrhizae of native plant species. *Allelopathy Journal*, 20, 1:71-77

Žolnir M. 1984. HE na Savi. Naravna in kulturna dediščina ožje posavske regije od Zidanega Mosta do meje in vplivi izgradnje HE na tem odseku (HE Vrhovo, Boštanj in Blanca). Maribor: 11–30 str.

## **ZAHVALA**

Za mentorstvo, spodbude, vse popravke, nasvete in dobro voljo, ki jo deli prof. dr. Alenka Gaberščik se ji iskreno zahvaljujem.

Doc. dr. Igorju Zelniku iskrena hvala za somentorstvo, ideje pri izdelavi naloge.

Prof. dr. Mitji Kaligariču se iskreno zahvaljujem za pregled naloge.

Doc. dr. Matini Bačič hvala za pregled in vse nasvete ob konzultaciji.

Sanji, Darji in Marjani iskrena hvala za jezikovni pregled naloge.

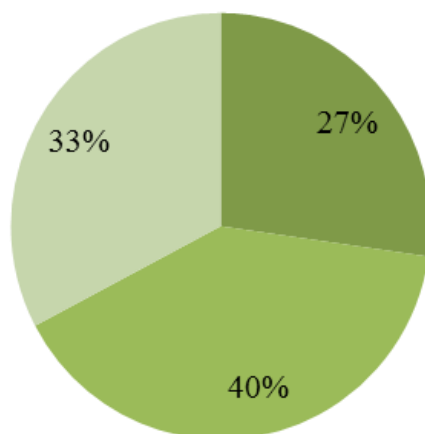
Mami hvala za varstvo otrok.

Posebna hvala mojim: Dušanu za vse botanične nasvete in pomoč na terenu ter razumevanje ob študiju, Svenu in Boru pa za čas, ki sta mi ga pustila, da sem lahko pisala.

## PRILOGA A

### Ocenjena hitrost vodnega toka v Savi

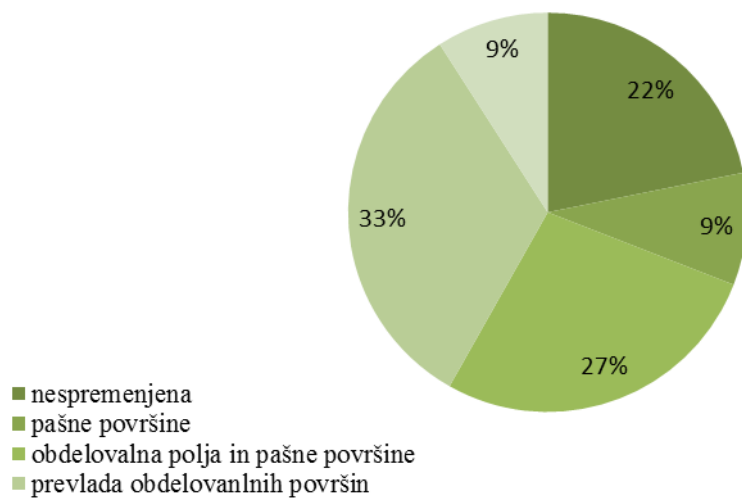
■ komaj viden   ■ počasi tekoč   ■ hitro tekoč





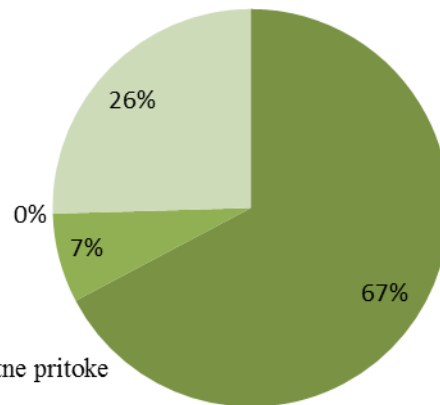
## PRLOGA B

### Raba zemljišča neposredno za obrežno vegetacijo



## PRILOGA C

### Oblika struge

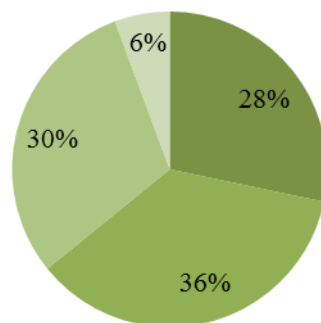


- zadostna za sedanje in najvišje letne pritoke
- ustrezna od 8-15 m
- komaj vzdržuje sedanje pretoke 15- 25m
- vodotok kanaliziran

## PRILOGA D

### Spremembe rečne struge

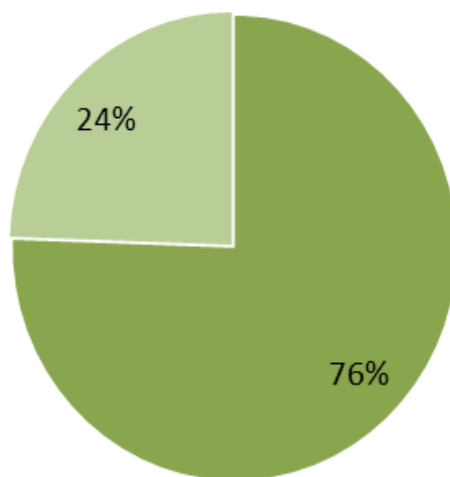
- naravna
- poglobljena/razširjena
- jezovi iz naravnih materialov
- jezovi iz umetnih materialov



## PRILOGA E

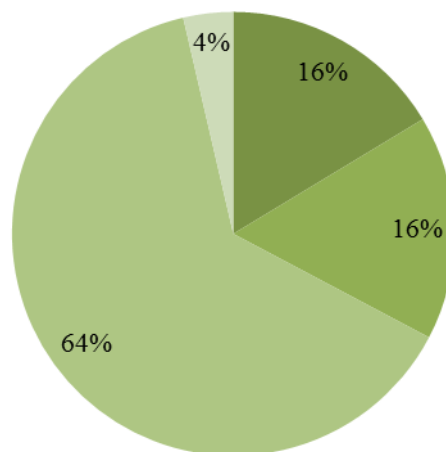
### Struktura bregov

■ stabilna, utrjena    ■ čvrsta, rahlo utrjena



## PRILOGA F

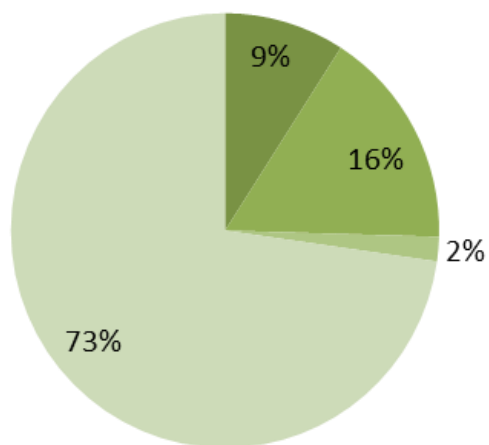
### Posegi v rečni breg



■ ni vidnih posegov ■ spremenjen breg ■ kmanita ureditev ■ betonska ureditev

## PRILOGA G

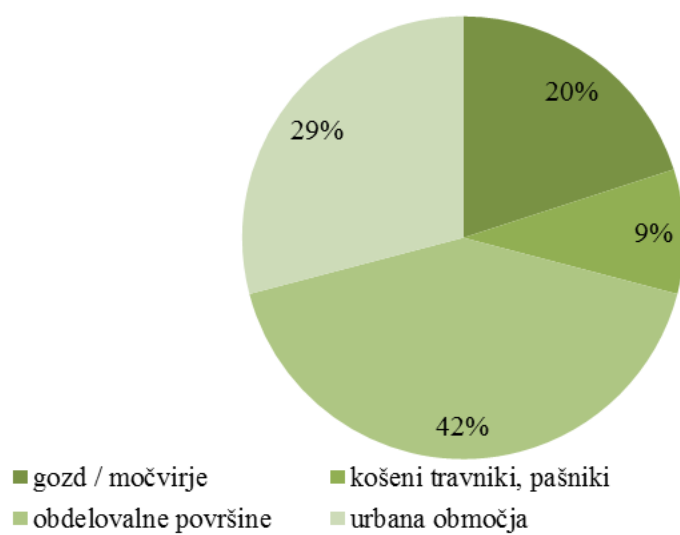
### Dinamika vodnega toka



■ izraziti   ■ nepravilno razporejeni   ■ dolgi tolmuni   ■ kamnita ureditev

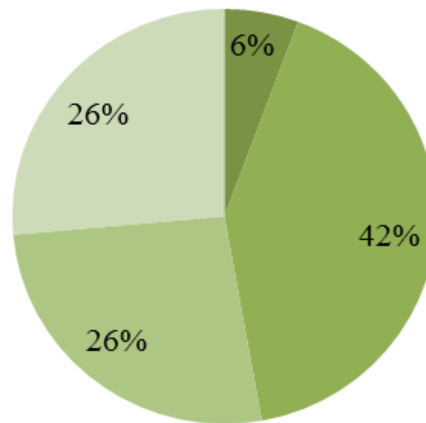
## PRILOGA H

### Raba tal v zaledju



## PRILOGA I

### Širina cone obrežne vegetacije od roba struge do polj



■ več kot 30 m širine

■ od 5 do 30 m širine

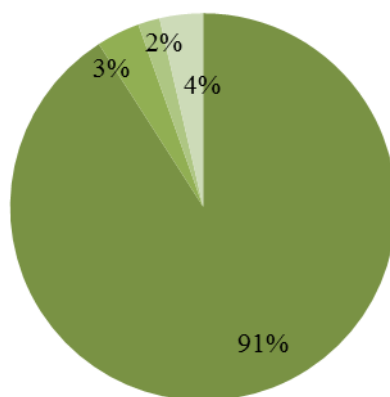
■ 1 do 5 m širine

■ obrežne ali gozdne vegetacije ni



## PRILOGA J

### Sklenjenost obrežne vegetacije



■ sklenjena obrežna vegetacija

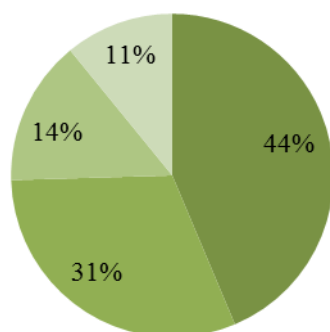
■ prekinitve na vsakih 50 m

■ prekinitve na razdaljah več kot 50 m

■ prekinitve na manj kot 50 m

## PRILOGA K

### Obrežna vegetacija znotraj 10–metrskega pasu ob strugi



■ nepionirske vrste

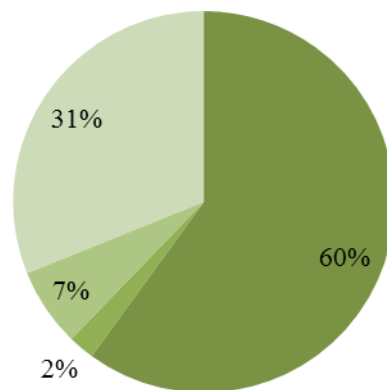
■ pionirske vrste, drevesa

■ travnate vrste, redke pionirske vrste

■ travnata vegetacija

## PRILOGA L

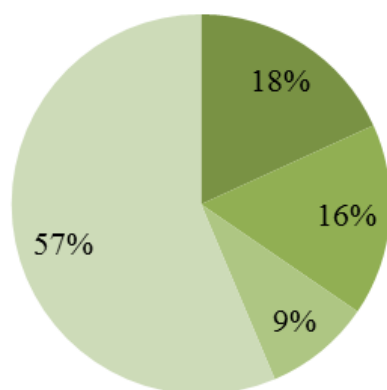
### Vodna vegetacija



- vodna vegetacija mahovi, zaplate alg
- vodna vegetacija alge v tolmunih, vaskularne rastline vzdolž roba
- vodna vegetacija zaplate alg, vaskularne rastline, malo mahu
- vodna vegetacija vaskularne rastline

## PRILOGA M

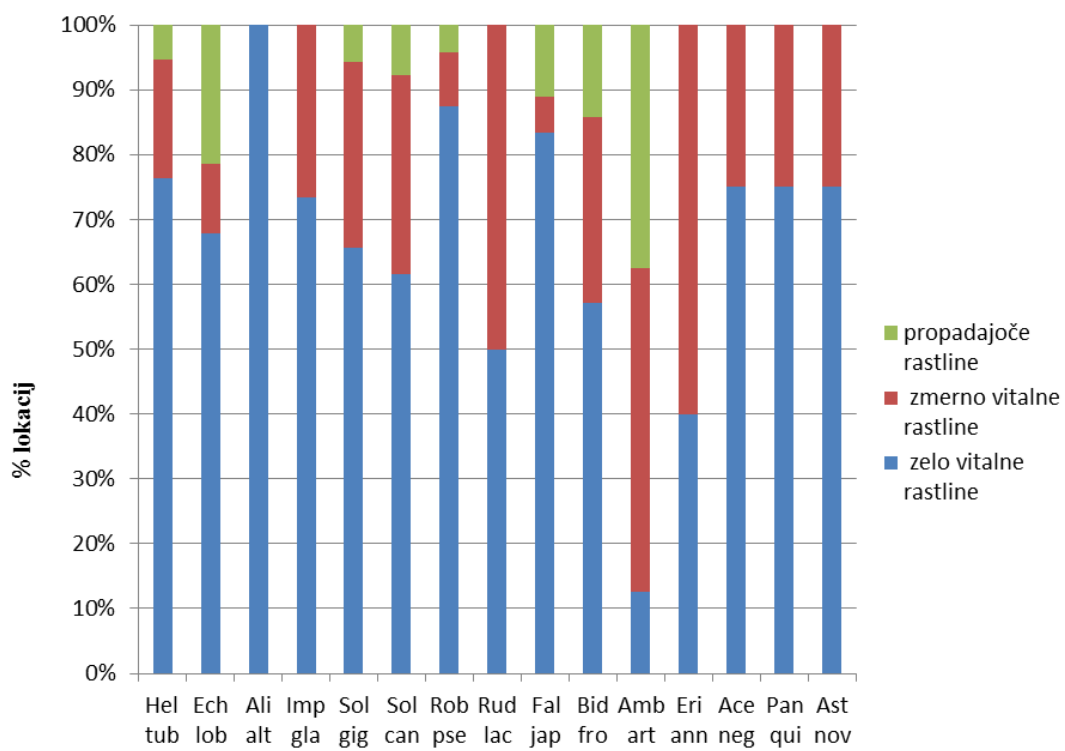
### Višina domorodne obrežne vegetacije



- zelišča do 1 m
- grmičevje do 2,5 m
- drevesa in grmičevje do 4 m
- drevesa nad 4m

## PRILOGA N

### Vitalnost invazivnih tujerodnih taksonov rastlin



## **PRILOGA O**

### **Vrstna sestava vegetacije v OP brez invazivnih tujerodnih vrst**

Dokument je zapisan na CD-ju in priložen k nalogi.