

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

Maja HALER

**POJAVLJANJE IN POGOSTOST TUJERODNIH INVAZIVNIH
RASTLINSKIH VRST GLEDE NA SPREMENJENOST OBREŽNEGA
PASU REKE SOTLE**

MAGISTRSKO DELO

**DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF ALIEN INVASIVE PLANT
SPECIES IN RELATION TO THE DISTURBANCES IN RIPARIAN
ZONE OF THE RIVER SOTLA**

M. SC. THESIS

Ljubljana, 2013

Magistrsko delo je zaključek Univerzitetnega podiplomskega študijskega programa Varstvo okolja. 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.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc Batič

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: izr. prof. dr. Jernej Jogan

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Alenka Gaberščik

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

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.

Maja Haler

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Md
DK UDK 581.524.2(497.4Sotla)(043.3)=163.6
KG tujerodne rastline/invazivne rastline/antropogene motnje/obrežni pas/reka Sotla/
AV HALER, Maja
SA GABERŠČIK, Alenka (mentor)
KZ SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Univerzitetni podiplomski študij
Varstva okolja
LI 2013
IN POJAVLJANJE IN POGOSTOST TUJERODNIH INVAZIVNIH RASTLINSKIH
VRST GLEDE NA SPREMENJENOST OBREŽNEGA PASU REKE SOTLE
TD Magistrsko delo (podiplomski študij)
OP XI, 97 str., 3 pregl., 31 sl., 4 pril., 132 vir.
IJ sl
JI sl/en

AI Z raziskavo se je ugotavljalo pojavljanje, razporeditev in pogostost invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v obrežnem pasu desnega brega reke Sotle. Iskale so se povezave med okoljskimi dejavniki in pojavljanjem invazivnih tujerodnih vrst. V rastni sezoni leta 2008 se je vzdolž vodotoka določilo 86 odsekov, dolžine 100 metrov, in na odsekih ocenilo stanje obrežnega pasu in zaledja, popisane so bile invazivne tujerodne vrste vzdolž reke Sotle ter določene njihove fenološke faze, sociološke ocene in njihovo pojavljanje glede na del obrežnega pasu. Popis pojavnosti, razporeditve in pogostosti je bil ponovljen v avgustu leta 2012 na 17 odsekih. V večini popisanih odsekov reke Sotle je bilo zabeleženo dobro okoljsko stanje obrežnega pasu. Slabše stanje je bilo zabeleženo v srednjem in spodnjem toku, kar je v večini posledica rabe tal v zaledju in širine obrežne vegetacije. Posamezni odseki vzdolž struge so bili v zelo ugodnem stanju, tu ni bilo zabeleženih večjih posegov v strugo in obrežno vegetacijo. Popisanih je bilo 13 invazivnih tujerodnih vrst, najbolj pogosto zastopane vrste so bile *Echinocystis lobata*, *Solidago gigantea*, *Robinia pseudacacia*, *Helianthus tuberosus* in *Impatiens glandulifera*. Največ variabilnosti v združbi invazivk se je pojasnilo z višino obrežne vegetacije. Variabilnost je bila značilno povezana tudi z globino struge, spremembo struge in rabo tal v zaledju. Leta 2012 se je, v primerjavi z letom 2008, pojavnost invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst na izbranih odsekih nekoliko povečala, popisani sta bili celo dve vrsti – *Spiraea japonica* in *Ailanthus altissima*, ki v letu 2008 nista bili prisotni.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Md

DC UDC 581.524.2(497.4Sotla)(043.3)=163.6

CX alien plants/invasive plants/anthropogenic disturbances/riparian zone/river Sotla

AU HALER, Maja

AA GABERŠČIK, Alenka (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, University Postgraduate Study
Programme in Environmental protection

PY 2013

TI DISTRIBUTION AND ABUNDANCE OF ALIEN INVASIVE PLANT SPECIES
IN RELATION TO THE DISTURBANCES IN RIPARIAN ZONE OF THE
RIVER SOTLA

DT M. Sc. Thesis

NO XI, 97 p., 3 tab., 31 fig., 4 ann., 132 ref.

LA sl

AL en

AB The aim of this study was to determine the presence, distribution and abundance of alien invasive plants in the riparian zone along the right bank of the river Sotla. Of interest were also the effects of environmental factors on the occurrence of invasive species. In the 2008 growing season watercourse was divided into 86 sections of 100 m length. The condition of riparian zone and hinterland was estimated, the invasive species along the river Sotla were surveyed, their phenological phases were identified and their phytosociological classes and occurrence in different parts of the watercourse were determined. In August 2012 the inventory on 17 random selected sites was repeated, this time, only the occurrence, frequency and distribution of alien invasive plants. In most of the sections the condition of riparian zone and hinterland was good. Poor condition was recorded in the middle and lower river course, which is a result of land use patterns beyond riparian zone and width of riparian vegetation. The state of some individual sections was deemed as very good, where no major changes were recorded in river channel and riparian vegetation. 13 alien invasive species were identified. The most frequent species identified were *Echinocystis lobata*, *Solidago gigantea*, *Robinia pseudacacia*, *Helianthus tuberosus* and *Impatiens glandulifera*. Variability among invader groups can in most cases be explained by the height of riparian vegetation. Also, significant share of variability can be explained by stream depth, changes in channel structure and land-use pattern beyond the riparian zone. Comparison of selected sections between the years 2008 and 2012 showed that the occurrence of alien invasive plants was higher in 2012, even two new alien invasive species – *Spiraea japonica* and *Ailanthus altissima* were found and identified.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	II
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
KAZALO PRILOG	XI
1 UVOD	1
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 OBREŽNI PAS	3
2.1.1 Vloga obrežnega pasu.....	3
2.1.2 Razširjanje rastlin obrežnega pasu.....	5
2.1.3 Biodiverziteta obrežnega pasu.....	6
2.1.4 Antropogeni posegi in spremembe v obrežnem pasu	7
2.2 INVAZIVNE TUJERODNE RASTLINSKE VRSTE	9
2.2.1 Definicija invazivnih tujerodnih vrst	9
2.2.2 Značilnosti invazivnih tujerodnih rastlin	11
2.2.3 Načini naselitev tujerodnih vrst	12
2.2.4 Posledice naselitve invazivnih tujerodnih rastlin	14
2.2.5 Invazivne tujerodne rastlinske vrste v Sloveniji.....	15
2.3 INVAZIVNE TUJERODNE RASTLINSKE VRSTE IN OBREŽNI PAS	18
3 MATERIAL IN METODE.....	20
3.1 OBMOČJE RAZISKAV	20
3.1.1 Lega in geografske značilnosti vodotoka	20
3.1.2 Značilnosti podnebja	21
3.1.3 Hidrološki režim reke Sotle in njenega porečja.....	21
3.1.4 Geološka podlaga.....	24
3.1.5 Pedološka sestava.....	25
3.2 IZBIRA INVAZIVNIH TUJERODNIH RASTLIN.....	26
3.2.1 Opis invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli.....	27

3.3	TERENSKO DELO.....	32
3.4	OBDELAVA PODATKOV	37
3.4.1	Širša okoljska ocena vodotoka	37
3.4.2	Značilnosti vodotoka in popis posameznih tujerodnih invazivnih vrst..	37
3.4.3	Pojavljanje in pogostost izbranih tujerodnih invazivnih vrst vzdolž vodotoka.....	37
3.4.4	Kanonična korespondenčna analiza (CCA).....	37
4	REZULTATI.....	39
4.1	ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA VODOTOKA.....	39
4.2	ZNAČILNOSTI VODOTOKA IN POPIS POSAMEZNIH INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST	42
4.2.1	Raba zemljišča, neposredno za obrežno vegetacijo desnega brega Sotle	42
4.2.2	Globina vode	43
4.2.3	Hitrost vodnega toka	44
4.2.4	Vodna vegetacija	44
4.2.5	Višina obrežne vegetacije.....	45
4.2.6	Prisotnost invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v obrežnem pasu.....	45
4.2.7	Pojavnost invazivnih tujerodnih vrst glede na del obrežnega pasu.....	46
4.3	POJAVLJANJE IN POGOSTOST IZBRANIH INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST VZDOLŽ VODOTOKA	47
4.3.1	Pojavljanje in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst vzdolž vodotoka pri popisu leta 2008	48
4.3.2	Pojavljanje in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst vzdolž vodotoka pri popisu leta 2012	52
4.4	POPIS POSAMEZNIH INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST	54
4.4.1	Fenološka faza	54
4.4.2	Sociološka ocena	55
4.4.3	Vitalnost vrst.....	56
4.4.4	Pojavnost posamezne invazivne tujerodne vrste glede na pregledan del obrežnega pasu	57
4.5	KANONIČNA KORESPONDENČNA ANALIZA	59
5	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	63
5.1	RAZPRAVA.....	63
5.1.1	Vpliv razmer v obrežnem pasu na pojavljanje in pogostost invazivk (poglavje 2.3.)	63
5.1.2	Zgradba obrežnega pasu (poglavje 2.1.)	67
5.1.3	Invazivne tujerodne rastlinske vrste ob Sotli (poglavje 2.2.)	69

5.2	SKLEPI.....	77
6	POVZETEK (SUMMARY).....	79
6.1	POVZETEK.....	79
7	VIRI.....	83
ZAHVALA		
PRILOGE.....		

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Seznam invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst ob reki Sotli	47
Preglednica 2: Izbrane spremenljivke okolja, variance matrike taksonov, ki jih pojasnjujejo	59
Preglednica 3: Lastne vrednosti in kumulativni odstotek pojasnjene variance prvih štirih kanoničnih osi ter korelacijski koeficienti med prvimi štirimi kanoničnimi osmi.....	60

KAZALO SLIK

Slika 1: Sestoj orjaške zlate rozge (<i>Solidago gigantea</i>) na 78.odseku	28
Slika 2: Plod oljne bučke (<i>Echinocystis lobata</i>)	29
Slika 3: Socvetje žlezave nedotike (<i>Impatiens glandulifera</i>)	31
Slika 4: Odseka v srednjem in v spodnjem toku reke Sotle	33
Slika 5: Zemljevid reke Sotle 1/5 z označenimi odseki 1 do 8 (vir: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)	34
Slika 6: Zemljevid reke Sotle 2/5 z označenimi odseki 9 do 22 (vir: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)	35
Slika 7: Zemljevid reke Sotle 3/5 z označenimi odseki 23 do 48 (vir: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)	35
Slika 8: Zemljevid reke Sotle 4/5 z označenimi odseki 49 do 78 (vir: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)	36
Slika 9: Zemljevid reke Sotle 5/5 z označenimi odseki 79 do 86 (vir: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)	36
Slika 10: Ocena okoljskih lastnosti posameznega odseka 1/2	39
Slika 11: Ocena okoljskih lastnosti posameznega odseka 2/2	40
Slika 12: Raba zemljišča, neposredno za obrežno vegetacijo	42
Slika 13: Globina vode	43
Slika 14: Hitrost vodnega toka	44
Slika 15: Višina obrežne vegetacije	45
Slika 16: Prisotnost invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst ob reki Sotli	45
Slika 17: Pojavnost invazivnih tujerodnih vrst glede na del obrežnega pasu	46
Slika 18: Razporeditev in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli 1/4 (višina stolpca pomeni zastopanost vrste 1–5)	48
Slika 19: Razporeditev in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli 2/4 (višina stolpca pomeni zastopanost vrste 1–5)	49
Slika 20: Razporeditev in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli 3/4 (višina stolpca pomeni zastopanost vrste 1–5)	49
Slika 21: Razporeditev in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli 4/4 (višina stolpca pomeni zastopanost vrste 1–5)	50
Slika 22: Razporeditev in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli leta 2008 in 2012 (višina stolpca pomeni zastopanost vrste 1–5)	52
Slika 23: Fenološka faza posamezne invazivne tujerodne vrste (1.8.–30.8.2008)	54
Slika 24: Sociološka ocena posamezne vrste	55
Slika 25: Vitalnost izbranih invazivnih tujerodnih vrst	56
Slika 26: Pojavnost posamezne invazivne tujerodne vrste glede na pregledan del obrežnega pasu	57
Slika 27: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja (puščice) in vrstami invazivnih tujerodnih rastlin (trikotniki)	61
Slika 28: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja (puščice) in vzorčnimi mesti (točke)	62
Slika 29: 50. odsek ob reki Sotli, kjer je večina lesne in grmovne vegetacije zaradi lažjega dostopa odstranjena	64
Slika 30: Propadajoče rastline topinamburja (<i>Helianthus tuberosus</i>) na 30. odseku	70

Slika 31: Manjši sestoj japonskega dresnika (<i>Fallopia japonica</i>) na 1. odseku v vasi Rigonce, katerega vaščani redno kosijo	73
--	----

KAZALO PRILOG

PRILOGA A: GPS koordinate posameznih odsekov

PRILOGA B: Vprašalnik, zasnovan po Petersenovi (1992) RCE metodi

PRILOGA C: Vrednosti izbranih značilnosti vodotoka po posameznih odsekih

PRILOGA D: Posamezni parametri širše okoljske ocene, izraženi v deležih, glede na celoten vodotok

1 UVOD

Že od prvih čezoceanskih plovb je imel človek težnjo, da rastline ali živali, ki jih je srečal na svoji poti, pripelje domov, bodisi zaradi njihove lepote, nenavadnosti ali uporabnosti. Največ rastlin, predvsem kulturnih, so prenesli ljudje iz ene na drugo celino po 16. stoletju, kar je pripomoglo k večji populacijski rasti. Ob tem pa se niso zavedali niti razmišljali, kako se bo novo okolje odzvalo na novo naseljeno vrsto.

Neposredno uničevanje habitatov zaradi izkoriščanja naravnih dobrin je zagotovo eden izmed glavnih vzrokov za zmanjšanje biotske pestrosti po svetu, vendar pa ne smemo podcenjevati problema vdora in širitve tujerodnih invazivnih vrst. V tem primeru gre za dlje časa trajajoč problem, saj se te vrste razširjajo in med seboj križajo, spremembe, ki jih povzročijo v nekem ekosistemu, pa so lahko za nekatere organizme usodne. Dandanes številne tujerodne invazivnih vrst, bodisi živali, rastline, glive ali mikroorganizmi, povzročajo nepopravljive posledice določenih habitatih. Takšen primer v Sloveniji je npr. vodna solata (*Pistia stratiotes* L.), ki se je pojavila leta 2001 v potoku Topla, v okolici Term Čatež. Gost razrast rastlin onemogoča dostop svetlobe v spodnje plasti vodotoka in s tem fotosintezo rastlinam v vodi. Posledično je zaradi pomanjkanja kisika onemogočeno življenje mnogih živalskih vrst v vodi (Zabric, 2003), seveda pa je vodna solata izrinila tudi večino domorodnih plavajočih rastlin (Šajna in sod., 2007)

Kljub temu, da je v zadnjem času vedno več pozornosti namenjene tujerodnim invazivnim rastlinskim vrstam, pa je s tega področja v Sloveniji narejenih zelo malo raziskav. Invazivnost tujerodnih vrst ni samo raziskovalni problem strokovnjakov, ampak tudi problem politike in javnosti, saj je pogostost njihovega pojavljanja vse večja. Nekatere invazivne tujerodne rastlinske vrste so celo alergene (npr. pelinolistna ambrozija (*Ambrosia artemisiifolia*)) in imajo lahko škodljive posledice za zdravje ljudi. Mnogo invazivnih tujerodnih rastlin najdemo ob slovenskih rekah, saj so vodotoki primerni vektorji za njihovo razširjanje. Zato se poraja vprašanje, ali posegi v rečne sisteme, ki smo jim priča danes in v preteklem stoletju, dodatno pospešujejo naselitev in širitev tovrstnih rastlin.

Tej težavi bi se bilo potrebno posvetiti bolj sistematično in razviti znanstveno podprte strategije za zmanjšanje vpliva bioloških invazij, ob tem pa ne smemo pozabiti na dvig zavesti ljudi. Pri načrtovanju posegov v rečni breg bi bilo potrebno upoštevati lastnosti posameznega vodnega telesa in pripadajočega obrežnega pasu. Za uspešno gospodarjenje z invazivnimi tujerodnimi vrstami moramo poznati odnos med značilnostmi okolja in odzivom vrst, zato so tovrstne raziskave zelo pomembne.

V nalogi smo raziskali razširjenost in pogostost ter značilnosti rastišč invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst ob reki Sotli, ki v zadnjem času z zelo hitrim in uspešnim širjenjem spreminjajo razmere v obrežnem pasu.

DELOVNE HIPOTEZE

1. Predvidevamo, da je obrežni pas reke Sotle večinoma močno (biotsko in morfološko) spremenjen.
2. Predvidevamo, da je obrežni pas reke Sotle močno naseljen z invazivnimi tujerodnimi rastlinskimi vrstami.
3. Predvidevamo, da je pojavljanje invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst večje na predelih intenzivne kmetijske rabe zemljišč in vsesplošne degradacije obrežnega pasu (nedavni posek, gradnja infrastrukture, spremembe rečne struge in posegi v rečni breg).
4. Predvidevamo, da se nekatere invazivne tujerodne rastlinske vrste pojavljajo tudi v odsekih, kjer je naravni obrežni pas dobro ohranjen.
5. Predvidevamo, da se vrstna sestava in pogostost pojavljanja invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst po toku navzdol spreminja.

2 PREGLED OBJAV

2.1 OBREŽNI PAS

2.1.1 Vloga obrežnega pasu

Obrežni pas je predel med vodnim in kopenskim ekosistemom. Je svojevrsten ekoton (meja med dvema ekosistemoma, med katerima krožita materija in energija), v katerem vladajo različni okoljski dejavniki, ekološki procesi in pestre življenjske združbe (Gregory, 1991). Obrežno vegetacijo tvorijo predvsem vlagoljubne vrste. V zmernem klimatskem pasu na območjih, kjer je vpliv človeka manjši, obrežne pasove tvorijo (1) poplavni in drugi gozdovi, (2) različno drevje in grmičje, kjer prevladujejo pionirske vrste (vrbe in jelše) ali (3) zelnate močvirske rastline. Obrežni pas in reka sta neločljivo povezana, kar kažejo številne raziskave. Rastline obrežnega pasu imajo, poleg tega, da so primarni producenti, tudi zaščitno funkcijo. Tip vegetacije v obrežnem pasu je odvisen od podnebja, vrstne sestave, hidrološkega in geomorfološkega režima in motenj, ki so prisotne (Naiman, 1993). Rastline, značilnice v obrežnem pasu, so večinoma specialisti, ki so prilagojeni na spreminjajočo se količino vode v predelu korenin. Imajo specifične morfološke prilagoditve na poplavljanje, odlaganje sedimenta, fizično abrazijo in poškodbe stebel (Naiman in sod., 1998). Rastline obrežnega pasu so večinoma mešanica obligatnih in fakultativnih freatofitov. To so rastline, katerih korenine segajo globoko v tla, bodisi da črpajo vodo iz vodotoka ali podtalnice (Naiman in sod., 2005). Takšne prilagoditve ločujejo vegetacijo obrežnega pasu od ostale vegetacije (Ellenberg, 1988).

Malanson (1993) je pomen obrežnega pasu (in rastlin v obrežnem pasu) razdelil na tri vidike:

- *gospodarski*: z zadrževanjem vode zmanjšuje poplavljanje po toku navzdol, (Decamps, 1993), z obrežnega predela doteka površinska voda v sušnih območjih, pospešuje sekundarno produkcijo (za npr. ribolov) in ima lahko zelo velik prirast lesa, je blažilni pas, kjer neprestano krožijo hranila, služi za prehodno shranjevanje sedimentov, zadržuje težke kovine in strupene snovi, služi kot ponor ogljikovega dioksida, ki se kopiči v obliki organskih snovi, rastline sodelujejo v procesih

kroženja hranil, lahko npr. zmanjšujejo količino dušika v vodotoku ali v tleh (Naiman in sod., 2005; Schade in sod., 2001);

- *socialni*: predstavlja naravno dediščino, služi za rekreacijo ljudi, ima estetski pomen v krajini in služi kot naravni »laboratorij« za poučevanje in raziskovanje;
- *biološki*: predstavlja pomemben habitat za nekatere ogrožene in druge vrste, je zatočišče za živali iz okolice in služi kot koridor za selitev vrst (Naiman in Decamps, 1997).

Poleg tega ima celovit obrežni pas še naslednje vloge:

- a) predstavlja vir hrane, tudi za organizme v vodotoku (Naiman in sod., 2005);
- b) vpliva na temperaturo vodotoka preko evapotranspiracije in senčenja (Naiman in sod. 2005);
- c) rastline obrežnega pasu s svojim koreninskim sistemom stabilizirajo rečni breg in preprečujejo erozijo (Barling in Moore, 1994; Hood in Naiman, 2000);
- d) predstavlja ekosistem z izjemno visoko vrstno pestrostjo (Naiman in sod., 1993);
- e) je zelo dober blažilec za kmetijske odpadne vode, kar je posledica njegovega položaja v pokrajini in v geomorfoloških, hidroloških in biotičnih procesih, ki tu potekajo (Naiman in sod., 2005).

Mehanizmi za zadrževanje dušikovih hranil, da se ta ne spirajo v vodotok, so v obrežnem pasu denitrifikacija, asimilacija in shranjevanje v rastlinah v organski obliki (Naiman in sod., 2005). Asimilacija raztopljenih dušikovih spojin je pri lesnatih rastlinah primarni proces odstranjevanja nitratov iz podtalnice v rastni sezoni. Travnata ravnica lahko zadrži tudi do 87 % fosforja in dušika, ki bi se sicer izprala v reko, in kar 90 % nitratov, ki bi lahko prešli v talno vodo. Poplavni gozdovi imajo pomembno vlogo v primeru razpršenih (difuznih) virov onesnaževanja, katerih je dandanes vedno več. Obrežni gozdovi in močvirja zadržijo praktično vse nitrates (99 %) (Rauch M., 2005).

Z vključenostjo v vodni krog obrežne rastline vplivajo na količino vode v strugi, količino talne vode in lokalno klimo. Velikost evapotranspiracije in porabe vode je odvisna od vrste rastlin in lastnosti tal (Scott in sod., 2000; Dahm in sod., 2002).

Rastline vplivajo na sedimentacijo, odpornost tal in na erozijo med poplavami. To je odvisno od zgradbe in položaja vodotoka, količine biomase pri tleh in gostote korenin (Richardson in sod., 2007). Obrežni pas, ki je gosto porasel z drevesnimi vrstami in gosto prepleten s koreninami zeliščne vegetacije, ima bolj stabilen rečni breg in tako manjšo erozijo. Obrežna vegetacija nad vodno gladino pa deluje kot prepreka za vodo ob visokih vodostajih, prestreza sediment in detrit (Swanson in sod., 1981).

Obrežni pas je tudi alohtoni vir vnosa organskih snovi za vodotok. V vodotokih, pri katerih je obrežni pas zelo gost, lahko vnos predstavlja 80–95 % celotne mase ogljika za vodotok (Naiman in sod., 2005). Rastline obrežnega pasu so tudi hrana različnim živalim, kot so semenojede živali in rastlinojede žuželke, pticam in sesalcem, poleg tega pa nudijo naštetim živalim bivališče in zatočišče (Richardson in sod., 2007). Obrežni gozdovi so tudi koridorji za selitve živali (Malanson, 1993).

Sestava rastlinstva obrežnega pasu se spreminja vzdolž rek. Ob poplavah lahko voda izkorenini ali poškoduje rastline in tako se rast rastlin ustavi ali upočasni. Zaradi poškodb rastlin se lahko ustvarijo med vegetacijo vrzeli, kar omogoča naselitev drugih rastlin, vključno s tujerodnimi invazivnimi vrstami. Po drugi strani pa lahko erozija povzroči odplavljanje velikega deleža sedimenta in z njim tudi rastlin. Ta sediment reka nato odloži na drugem delu, kjer služi kot substrat za naselitev novih rastlin (Richardson in sod., 2007).

2.1.2 Razširjanje rastlin obrežnega pasu

Nekatere rastline v obrežnem pasu svoja semena ali vegetativne razmnoževalne organe razširjajo s pomočjo vode (hidrohorija), kar je zelo pomembno za sestavo flore in vzdrževanja velike rastlinske pestrosti obrežnega pasu. Veliko vlogo pri razširjanju rastlin imajo poplave, ki širijo semena in vegetativne oblike za razmnoževanje po toku navzdol kot tudi na poplavne ravnice (Schnitzler, 2007). Pomemben dejavnik pri širitvi semen je tudi rečni koridor, saj semena širijo tudi živali in veter (Johansson in sod., 1996). Končna lokacija semen, ki se prenašajo po vodi, je odvisna od dejavnikov, kot so hidrološki režim

ob sprostitvi semen, transporta v vodotoku in od zgradbe rečnega kanala (Merrit in Wohl, 2002). Vsak dejavnik zase lahko vpliva na to, ali bodo semena prišla na ugodno mesto za naselitev in kalitev ali ne. Vrste, ki imajo posebne potrebe glede habitata za naselitev, bodo manj odporne na takšne spremembe (Richardson in sod., 2007). Za uspešno naselitev in kalitev semen po poplavih morata sovpadati tvorba semen in sezona poplavljanja (Mackenzie, 1999, cit. po Richardson in sod., 2007). Uspešna naselitev je odvisna tudi od kalitve, preživetja mlade rastline in njene rasti do odrasle rastline. Na naselitev vplivajo tudi abiotiki dejavniki, kot so vlažnost, svetlobne razmere in temperaturne spremembe (Gross, 1984). Večina obrežnih rastlin zahteva za uspešno naselitev gola vlažna tla, ki so običajno na voljo po večjih poplavih, ko pride do spremembe rečnega kanala ali erozije rečnega brega (Kalliola in sod., 1991; Scott in sod., 1997). V obrežnem pasu so mladike s plitvim in slabo razvitim koreninskim sistemom bolj občutljive na sušo, nasičenost tal z vlago in odnašanje materiala (Woolfrey in sod., 2001).

2.1.3 Biodiverziteta obrežnega pasu

Obrežni pas ima zelo veliko pestrost rastlinskih kot tudi živalskih združb (Ward in sod., 2002). To je posledica velike raznolikosti habitatov, ki so tu prisotni in se nenehno spreminjajo zaradi spreminjajočega se vodostaja in toka. Razgibanost terena vpliva na pogostost in trajanje poplav, lokalna klima pa na zmožnost razvoja posamezne vrste, kar dodatno prispeva k večji fizični in genetski raznovrstnosti (Naiman in sod., 2005).

Raziskave ob rekah v severozahodnem delu ZDA so pokazale, da se je kar 74 % vseh rastlinskih vrst, najdenih znotraj enega porečja, nahajalo v obrežnem pasu (Pollock in sod., 1998). Druga raziskava je pokazala, da se je 60 % od vseh 480 vrst divjih živali pojavljalo v obrežni vegetaciji, kjer prevladujejo drevesne vrste (Raedeke, 1988, cit. v Naiman in sod., 2005). Na jugu Kalifornije predstavlja obrežna vegetacija manj kot 1 % krajine, vendar ima okoli 20 % avtohtonih rastlin primarni habitat ravno tu (Rundel in Sturmer, 1988). Švedski raziskovalec Nilson (1992, cit. po Naiman in sod., 2005) ugotavlja, da kar 13 % vrst švedske flore nahaja v obrežnem pasu reke Vindel.

2.1.4 Antropogeni posegi in spremembe v obrežnem pasu

Človekov odnos do reke in pripadajočega obrežnega pasu se je močno spreminjal skozi stoletja. Včasih je veljalo, da so obrežja rek strah vzbujajoča mesta in nezdrave goščave, predvsem zaradi močvirnih površin. Nato so ljudje začeli odstranjevati lesnato vegetacijo obrežnih pasov in jih počasi začeli spreminjati v rodovitna polja in pašnike. Obrežno vegetacijo so odstranjevali zaradi težke dostopnosti in plovbe, in jo nadomeščali z vrbami, ki so imele vsesplošno uporabnost. Ko se je končalo obdobje plovbe po rekah, so se tudi ljudje nekoliko umaknili iz rečnih obrežij. V 19. stoletju pa se je zaradi pridobivanja električne energije začela gradnja jezov. Človek je želel ukrotiti reke tudi z gradnjo nasipov, kar je za vedno spremenilo podobo rek in pripadajočih obrežij. V zadnji četrtini 20. stoletja smo spoznali, da so obrežni pasovi zelo pomemben del krajine, ki ga je potrebno ohranjati (Naiman, 2005).

Ewel s sodelavci (2001) je območje obrežnega pasu poimenoval z izrazom »kritično prehodno območje«, ker služi kot povezava za pretok snovi in energije iz enega ekosistema v drugega. Obrežja predstavljajo le majhen delež krajine, vendar so pogosto središče človekove aktivnosti in zato predstavljajo tudi ogromen izziv za varovanje.

Obrežni pas je izpostavljen predvsem trem tipom antropogenih vplivov:

- A) raba tal,
- B) regulacije vodnega toka,
- C) onesnaževanje (in z njim povezane klimatske spremembe).

Vse te dejavnosti imajo vpliv na obrežni pas. Naj naštejemo samo nekaj vplivov: spremembe v transportu sedimentov, spremembe poplavnih vrhov, spremembe v pogostosti poplavljanja, spremembe v tokovih, ki oblikujejo rečno korito, zmanjšanje možnosti za nastanek novih habitatov, izsuševanje obrežnega pasu, zmanjšanje vrstne pestrosti (Ward, 1998; Naiman in sod., 2005), spremembe v temperaturi vodotoka (Naiman in sod. 2005), spremembe v izhlapevanju in odtoku vode (Meyer in sod., 1999), širitev tujerodnih invazivnih vrst (Meyer in sod., 1999) ter spremembe v produktivnosti rastlin in kroženju hranil.

Hidrološke spremembe, kot so gradnja jezov in regulacija toka, vplivajo na obliko rečnega kanala, prav tako pa tudi na sestavo in obseg obrežnega habitata (Dudgeon, 1992; Merrit in Wohl, 2002). Poljedelstvo, neposredno ob rečni strugi, lahko pospeši nalaganje sedimenta in eutrofikacijo (Ferrar in sod., 1988, cit. po Richardson in sod., 2007; Hancock in sod., 1996). Vpliv na obrežni pas imajo tudi košnja in paša (Mathooko in Kariuki, 2000), odvajanje vode (Stromberg in sod., 1996) in rekreacija (Washitani, 2001). Takšne spremembe in motnje so pogosto vzrok za razrast invazivnih tujerodnih rastlin (Richardson in sod., 2007).

Če se odstrani lesnata vegetacija v obrežnem pasu, lahko temperatura vode zaradi zmanjšane senčenja poleti zelo naraste, pozimi pa zaradi izpostavljenosti zelo pade. Spremembe temperature vplivajo na metabolizem organizmov v vodi in njihovo rast ter na topnost plinov in drugih snovi. Prav tako pa lahko nenadne spremembe v dovajanju lesnega in listnega opada v vodno telo (z odstranitvijo lesnate vegetacije) povzročijo velike spremembe v številčnosti in biomasi združb večjih nevretenčarjev. Zmanjšanje števila insektov neposredno vpliva na prehranjevalne verige v obrežnem pasu. Študije so pokazale, da je z odstranitvijo drevesnih vrst obrežnega pasu v štirih letih upadel dotok odpadnih organskih snovi v vodno telo za 94 %. Posledično sta za 80 % upadli tudi biomasa in število večjih nevretenčarjev (Naiman in sod., 2005).

Vsaka sprememba v sestavi rastlinske združbe bo prinesla posledice v ekosistemski funkciji. Največje spremembe v funkciji se bodo torej zgodile, če se bo spremenila pogostost prevladujočih vrst. Če se bo pojavila razlika v morfoloških lastnostih rastlin ter hitrosti rasti med prvotnimi in novimi vrstami, bo tudi večja sprememba v funkciji, in sicer ne glede na to, ali bo nova vrsta avtohtona ali tujerodna (Richardson in sod. 2007). Ohranitev obrežne vegetacije je zato ključna za ohranitev celovitosti rečnega ekosistema (Hancoc in sod., 1996).

2.2 INVAZIVNE TUJERODNE RASTLINSKE VRSTE

Spremembe v sestavi rastlinskih združb so naravne. Nove vrste se običajno naselijo ob spremembi klime ali ob spremembi kakovosti tal. Prihod nove vrste je lahko rezultat postopnih sprememb krajine in tal skozi tisočletja ali pa samo ene nenadne spremembe v krajini. Človek je s svojimi dejavnostmi pospešil selitev mnogih rastlin, ki sicer naravno ne bi mogle obiti naravnih ovir, kot so oceani, gore in puščave. Takšne rastline označujemo kot neavtohtone oz. tujerodne (Randall, 1996).

2.2.1 Definicija invazivnih tujerodnih vrst

V mednarodni skupnosti se najpogosteje uporablja definicija za tujerodno vrsto IUCN (International Union for Conservation of Nature), ki je izpeljana iz definicije CBD (Convention on Biological Biodiversity), in se glasi: Tujerodna vrsta je vrsta, podvrsta ali takson nižje kategorije, ki se nahaja izven območja (pretekle ali sedanje) naravne razširjenosti oz. območja, ki bi ga lahko dosegla z naravnim širjenjem (to je izven območja naravne razširjenosti, ki ga ni mogla doseči brez neposredne ali posredne naselitve ali posredovanja človeka). To vključuje katerikoli del organizma, ki lahko preživi in je sposoben razmnoževanja (npr. spolne celice, semena, jajca) (Kus Veenvliet, 2009).

Cronk in Fuller (1995) sta definirala invazivne vrste kot »tujerodne rastline, ki se razširjajo spontano, brez neposredne človekove pomoči, v naravnih ali polnaravnih habitatih in povzročijo znatno spremembo vrstne sestave, zgradbe ali procesov v določenem ekosistemu«.

Richardson je leta 2000 s sodelavci objavil članek, kjer navaja pogosto neusklajeno terminologijo različnih raziskav med leti 1980 in 2000, povezanih s tujerodnimi rastlinami. Namreč, v tem času je bilo narejenih veliko raziskav na tem področju, vendar pa so različni raziskovalci neustrezno uporabljali izraze in definicije za posamezne kategorije tujih vnešenih rastlin. Zato je Richardson s sodelavci (2000) predlagal naslednjo terminologijo, ki naj bi poenotila neusklajenost med raziskovalci:

- **tujerodne rastline** – vrsta, podvrsta ali takson nižje kategorije, ki se nahaja izven območja naravne razširjenosti oz. območja, ki bi ga lahko dosegla z naravnim širjenjem (to je izven območja naravne razširjenosti, ki ga ni mogla doseči brez neposredne ali posredne naselitve ali posredovanja človeka);
- **prehodne tujerodne rastline** – tujerodne rastline, ki cvetijo in se občasno tudi razmnožujejo v določenem območju, vendar ne tvorijo viabilnih populacij in zato je njihova prisotnost odvisna od ponavljajočih vnosov, da se lahko ohranijo;
- **naturalizirane rastline** – tujerodne rastline, ki se stalno razmnožujejo in vzdržujejo svojo populacijo skozi mnogo rodov brez pomoči človeka (ali kljub posredovanju človeka); pogosto najdemo mlade osebke blizu odraslih rastlin. Te vrste zasedajo naravne, polnaravne ali antropogene habitate;
- **pleveli** – rastline (ne nujno tujerodne), ki rastejo na mestih, kjer niso zaželeni in imajo običajno znaten ekonomski ali okoljski vpliv;
- **invazivne rastline** – naturalizirane rastline, katerih potomci se v manj kot 50 letih razširijo za več kot 100 m od starševske rastline (velja za taksone, ki se razširjajo s semeni ali vegetativno, npr. z odlomljenimi vejami (*Salix* spp.) ali rastline, ki se v treh letih razširijo za več kot 6 metrov (velja za taksone, ki se razširjajo s koreninami, koreniki ali pritlikami) in imajo potencial širitve na velikem območju. Če se je neka vrsta močno razširila v preteklosti, danes pa se ne razširja več zaradi pomanjkanja ustreznih habitatov, jo moramo ravno tako definirati kot invazivno, saj se bo po potencialnem lokalnem izkoreninjenju gotovo ponovno naselila na isto mesto;
- **preoblikovalci (transformerji)** – podkategorija *invazivnih rastlin*, ki se množično razmnožujejo v zelo velikem številu in s svojim pojavljanjem povzročajo spremembe v delovanju nekega ekosistema. To lahko povzročijo zaradi:
 - a) prekomerne porabe virov (svetlobe, vode, kisika),
 - b) obogatitve tal s hranili (dušik),
 - c) pospeševanjem/zaviranjem pogostosti požarov,
 - d) pospeševanjem erozije tal ali stabilizacije tal,
 - e) akumulacije opada ali soli.

2.2.2 Značilnosti invazivnih tujerodnih rastlin

Veliko znanstvenikov se sprašuje, kaj naredi rastlino invazivno. Nekatere uspevajo najbrž zato, ker ni plenilcev ali parazitov, ki zmanjšujejo njihovo število v okolju, iz katerega prihajajo. Tako lahko vso energijo, ki bi jo sicer potrebovale za tvorbo obrambnih mehanizmov, usmerijo v rast in razmnoževanje (Randall, 1996).

Mnoge raziskave podpirajo dejstvo, da imajo invazivne tujerodne rastline mnogo lastnosti »idealnih plevelov«; Baker (1965) v svoji knjigi navaja naslednje lastnosti:

- sposobnost samoopraševanja, opraševanje s pomočjo vetra ali nespecifični opraševalci;
- hitra rast;
- tvorijo velike količine semen in plodov;
- lahko se razmnožujejo spolno (s semeni) ali vegetativno;
- širitev populacije na kratke ali dolge razdalje s pomočjo semen ali vegetativno;
- odpornost na različne motnje v okolju.

Invazivnost rastline z zgoraj opisanimi lastnostmi je odvisna tudi od drugih dejavnikov. Randall (1996) navaja, da ima rastlina potencial postati invazivna, če ima vsaj nekaj spodaj naštetih značilnosti:

- tvorijo veliko število malih semen in začnejo z razmnoževanjem v prvih nekaj letih;
- nespolno in spolno razmnoževanje;
- obdobje cvetenja in plodenja je dolgo;
- nimajo posebnih potreb za kalitev (npr. daljša izpostavljenost mrazu);
- sposobnost samoopraševanja;
- nekatere imajo širok primarni areal uspevanja, zato so prilagojene na rast v različnih klimatskih razmerah in na različnih podlagah;
- pri nekaterih je bil množičen enkraten vnos ali večkraten vnos v neko okolje;
- imajo zelo majhne količine DNK v svojih celičnih jedrih in celice takšnih rastlin se hitreje delijo in množijo, tako celotna rastlina hitreje raste.

Značilnosti invazivnih tujerodnih rastlin pa so, poleg naštetih, tudi drugačna fenologija, v primerjavi z avtohtono vegetacijo, dolga dormanca semen in odložena kalitev (Richardson in sod., 2007; Cellesti-Grapow in sod., 2003).

2.2.3 Načini naselitev tujerodnih vrst

Po avtorjih Kus Veenvliet in Veenvliet (2009) lahko glede na način naselitve ločimo namerne in nenamerne naselitve. Namerne naselitve so vse tiste, ki jih je človek izvedel z namenom, da bi se vrste v okolju ustalile, človek pa bi od njih imel določeno korist. Vse ostale naselitve lahko opredelimo kot nenamerne naselitve. Ta delitev je pomembna z vidika načrtovanja ukrepov. V primeru namernih naselitev, ki so posledica nezavednih in nenamernih dejanj človeka, bodo ukrepi popolnoma drugačni kot v primeru nenamernih naselitev.

Vse naselitve tujerodnih vrst lahko razvrstimo v tri kategorije virov naselitev: vnos, prenos in širjenje.

A. Vnos

- a) **Naselitev** : Nekatero vrsto je človek naselil z namenom, da bi se ta vrsta v okolju ustalila, človek pa bi imel od nje tudi korist. Primeri namernih naselitev tujerodnih rastlinskih vrst so npr. rastline za okrasne namene in gozdarske namene. Od živalskih vrst pa ljudje naseljujejo ribe za športni ribolov, lovne vrste za povečevanje privlačnosti lova, živali za namene gojitve itd. Za naselitve tujerodnih vrst je v Sloveniji potrebno dobiti dovoljenje, vendar vseeno prihaja do nezakonitih naselitev ali izpusta (akvarijskih in vivarijskih) vrst v naravo, kjer pa seveda ogrožajo avtohtone vrste.
- b) **Pobeg**: Mnogo invazivnih tujerodnih rastlin je bilo sprva omejenih na domače vrtove, njive in botanične vrtove, od tam pa so se razširile tudi drugod. Primeri pobegov vrst so npr. širjenje okrasnih vrst iz vrtov in botaničnih vrtov s semeni ali deli rastlin v naravno in polnaravno okolje, širjenje kmetijskih rastlin iz njiv v

naravno ali polnaravno okolje. Nekatere živalske vrste so ubežnice iz živalskih vrtov, terarijev, farm in ribogojnic.

- c) **Vnos škodljivcev:** S povečevanjem transporta surovin in blaga narašča tudi število škodljivcev, ki jih vnesemo kot patogene ali zajedavce rastlinskih in živalskih vrst. Ta pot naselitve je po načinu vmesna med namernim in nenamernimi naselitvami, saj je neposredna posledica namernega vnašanja drugih vrst organizmov.

B. Prenos

Organizme, ki jih nenamerno pripeljemo s transportnimi sredstvi, embalažo ali osebno prtljago, imenujemo kar slepi potniki, saj so ponavadi skriti in jih nadzorniki na mejah ne opazijo. Rastline lahko kot slepi potniki potujejo v prsti okrasnih lončnic ali kot primes mešanicam semen, skupaj s prstjo prilepljene na transportna sredstva, pritrjene na trupe ladij, v različni embalaži izdelkov ali med izdelki, v osebni prtljagi potnikov in v balastnih vodah plovil.

C. Širjenje

- a) **Širjenje po novih poteh:** Zaradi odstranitve geografskih ovir in izgradnje novih transportnih povezav (mostovi, rečni in morski kanali) so se nekatere vrste uspešno razširile v nova okolja.
- b) **Spontano širjenje:** Mnoge tujerodne vrste so se k nam razširile iz sosednjih držav. Veliko rastlin se razširja s pomočjo vodnega toka in vzdolž transportnih poti (cest in železnic). V Sloveniji velik vir širjenja nekaterih invazivnih rastlinskih vrst predstavljajo peskokopi, ker se peseka razvaža na nova območja in tako pospešuje širjenje. Ker je Slovenija geografsko zelo odprta in majhna, se k nam širijo številne tujerodne vrste.

2.2.4 Posledice naselitve invazivnih tujerodnih rastlin

Presenetljiv je podatek, da se relativno majhno število tujerodnih rastlinskih vrst uspešno razmnožuje in razširja v novem okolju brez človekove pomoči in zelo malo jih postane invazivnih (Richardson in sod, 2007). Vendar pa je škoda, ki jo je povzročilo nekaj sto takšnih vrst, osupljiva. Invazivne tujerodne vrste se razmnožujejo zelo hitro in lahko tvorijo sestoje, ki izključijo vse ostale rastline. V tem procesu povzročajo spremembe v delovanju ekosistema, nadomeščajo avtohtono vegetacijo, se križajo z domorodnimi vrstami in povzročajo spremembe v sestavi genskega sklada, lahko pa podpirajo tudi širitev ostalih tujerodnih invazivnih živalskih in rastlinskih vrst (Gordon, 1998).

Z vnosom tujerodnih organizmov prihaja do homogenizacije flore, izgube biodiverzitete (Lodge, 1993), sprememb v režimih motenj (D'Antonio in Vitousek., 1992) in sprememb v biogeokemijskih ciklih (Vitousek, 1994). Nenazadnje pa tudi klimatske spremembe dodatno pospešujejo hitrost, s katero se ti organizmi, predvsem termofilne vrste, naseljujejo v določenih, prej hladnejših območjih (Sobrin in sod., 2001; D'Antonio in Vitousek, 1992).

Velike spremembe v rabi tal, drobljenje (fragmentacija) kmetijskih zemljišč, pogozdovanje z eksotičnimi drevesi in povečana uporaba biocidov v preteklem desetletju so povečali vsesplošno razširjenost invazivnih rastlinskih vrst. Rezultat tega so velike spremembe v združbah in biodiverziteti (Török in sod., 2003).

Invazivne tujerodne rastlinske vrste »spreminjajo pravila igre« v določenem ekosistemu in ostale živalske in rastlinske vrste so v spremenjenih razmerah manj uspešne. Melaleuka (*Melaleuca quinquenervia* (Cav.) Blake), ki so jo načrtno vnesli kot okrasno rastlino in z namenom pogozdovanja, se je naselila v močvirjih južne Floride. Tu je z gostimi sestoji popolnoma spremenila izgled krajine, poleg tega pa povzroča senčenje, spremenjene temperature pod krošnjami in pomanjkanje vode. Zato se je močvirje izsušilo in prevladuje lesna vegetacija. Nove razmere avtohtonim rastlinam seveda ne ustrezajo in zaradi tega ne morejo uspevati (Cronk in Fuller, 1995).

Invazija rastlin lahko spremeni tudi izgled obrežnega pasu in obliko rečne struge. Gosti sestoji invazivnega tujerodnega grmičevja vrste *Sesbania punicea* (Cav.) Benth v Južni Afriki povzročajo nalaganje usedlin, kar omogoča tej in drugim tujerodnim vrstam nadaljnjo širitev (Hoffman in Moran, 1988). Podoben primer je vrsta tamariske (*Tamarix ramosissima* Ledeb) v Severni Ameriki, ki s kopičenjem usedlin povzroča zožitev struge, kar je problematično predvsem ob visokih vodah (Zavaleta in sod., 2001). Nekatere tujerodne vrste vplivajo tudi na vnetljivost vegetacije. Tak primer sta vrsta *Chromolaena odorata* (L.) King & H. E. Robins (Južna Afrika) in navadna kanela (*Arundo donax* L.) v Kaliforniji (ZDA) (Macdonald in sod., 1988; Brooks in sod., 2004).

2.2.5 Invazivne tujerodne rastlinske vrste v Sloveniji

V Sloveniji se pojavlja okoli 30 vrst invazivnih tujerodnih vrst rastlin v ožjem pomenu. Med najbolj razširjenimi in prepoznavnimi so japonski dresnik (*Fallopia japonica* Houtt. Ronse Decraene [*Reynoutria japonica* Houtt., *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc.]), laška repa, topinambur (*Helianthus tuberosus* L.), žlezava nedotika (*Impatiens glandulifera* Royle [*I. roylei* Walp]), navadna robinija (*Robinia pseudoacacia* L.), deljenolistna rudbekija (*Rudbeckia laciniata* L.), oljna bučka (*Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray)) in druge. Največ vrst se pojavlja ob Muri, Dravi in Savi, torej ob treh naših največjih rekah. Habitati v poplavnem pasu velikih rek so zelo ranljivi, za njih je značilna občasna velika vlažnost in velika koncentracija hranil v tleh. Zaradi občasnih poplav se tu razvijajo številna pionirska rastišča, pri naseljevanju katerih so pogosto prav invazivke zelo uspešne (Jogan, 2005).

Seznam invazivnih tujerodnih vrst višjih rastlin v Sloveniji: (Jogan, 2007; Jogan, 2009):

(Z zvezdico označene * predstavljajo najbolj problematične invazivne rastlinske vrste v Sloveniji)

1. *Acer negundo* L. – amerikanski javor *,
2. *Ailanthus altissima* (Mill.) Swing – veliki pajesen *,

3. *Ambrosia artemisiifolia* L. – pelinolistna žvrklja *,
4. *Artemisia verlotiorum* Lamotte – Verlotov pelin *,
5. *Asclepias syriaca* L. (*S. cornuti* Decne) – sirska svilnica *,
6. *Aster laevis* L. – gladka nebina,
7. *Aster lanceolatus* Willd. – suličastolistna nebina,
8. *Aster novae-angliae* L. – novoanglijska nebina,
9. *Aster novi-belgii* L. (*A. brumalis* Nees) – virginijska nebina,
10. *Aster squamatus* (Spreng.) Hieron. [*Conyzanthus squamatus* (Sprengel) Tamamšian] – luskasta nebina *,
11. *Aster tradescantii* auct., non L. [*A. lanceolatus* Willd s. lat.] – drobnocvetna nebina,
12. *Aster x salignus* Willd. [?*A. lanceolatus* x *A. novi-belgii*, *A. salicifolius* Scholler non Lam.] – vrbovolistna nebina,
13. *Bidens frondosa* L. [*B. melanocarpa* Wieg] – črnoplodni mrkač,
14. *Broussonetia papyrifera* (L.) Vent. – navadna papirjevka,
15. *Buddleja davidii* Franch – davidova budleja,
16. *Cercis siliquastrum* L. – navadni jadikovec,
17. *Cuscuta campestris* Yuncker – poljska predenica,
18. *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. et Gray – oljna bučka,
19. *Elodea canadensis* L. C. Rich. [*Helodea canadensis* L. C. Rich] – vodna kuga, račja zel*,
20. *Erigeron annuus* (L.) Pers. [*Stenactis annua* (L.) Less.] – enoletna suholetnica (Jogan, 2009) *,
21. *Fallopia baldschuanica* (Regel) Holub [incl. *F. aubertii* (Louis Henry) Holub] – grmasti slakovec,
22. *Fallopia japonica* Houtt. Ronse Decraene [*Reynoutria japonica* Houtt., *Polygonum cuspidatum* Sieb. & Zucc.] – japonski dresnik *,
23. *Fallopia sachalinensis* [F. Schmidt Petrop. Ex Maxim. Ronse Decraene [*Reynoutria sachalinensis* (F. Smidth Petrop. Ex Maxim.) Nakai, *Polygonum sachalinense* F. Smidth Petrop.] – sahalinski dresnik *,
24. *Fallopia x bohemica* (Chrtek & Chrtkova) J. P. Baley [*Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene var. *japonica* (*Reynoutria japonica* Houtt. var. *japonica*) (Polygonaceae)] – križanec japonskega in sahalinskega dresnika,

25. *Helianthus tuberosus* L. – laška repa, topinambur,
26. *Impatiens glandulifera* Royle [*I. roylei* Walp] – žlezava nedotika,
27. *Lindernia dubia* (L.) Pennell – dvomljiva lindernija,
28. *Lonicera japonica* Thunb. – japonsko kosteničje *,
29. *Lupinus polyphyllus* Lindl. – mnogolistni volčji bob *,
30. *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. – navadna vinika *,
31. *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. – kalinolistni pokalec *,
32. *Pistia stratiotes* L. – vodna solata *,
33. *Quercus rubra* L. – rdeči hrast,
34. *Robinia pseudacacia* L. – navadna robinija *,
35. *Rudbeckia laciniata* L. – deljenolistna rudbekija *,
36. *Solidago canadensis* L. – kanadska zlata rozga *,
37. *Solidago gigantea* Aiton [*S. gigantea* Aiton subsp. *serotina* (O. Kuntze) Mc Neill] – orjaška zlata rozga *,
38. *Spiraea japonica* L. f. – japonska medvejka *,
39. *Thuja orientalis* L. – vzhodni klek *.

Zgoraj naštetih invazivnih tujerodnih vrst so prišle k nam iz klimatsko podobnih predelov, kot so npr. na severni polobli skrajni vzhodni predeli Azije, jugovzhod Severne Amerike, nekaj pa jih je tudi iz južne poloble (Jogan, 2009). Iz tropskih in subtropskih regij izvira vodna solata (*Pistia stratiotes*), ki je pri nas omejena na mrtvi rokav reke Save pri Čatežu, kjer so prisotni termalni izviri (Šajna in sod., 2007).

Nekatere invazivne tujerodne vrste so zelo medonosne, zato so jih načrtno širili čebelarji. To so navadna robinija (*Robinia pseudacacia*), žlezava nedotika (*Impatiens glandulifera*), japonski dresnik (*Fallopia japonica*) in druge (Jogan, 2009). Nekatere, npr. topinambur (*Helianthus tuberosus*), so zasadili ljudje za prehrano ljudi in kot krmo za živino (Bačič, 2008). Veliko pa je ubežnic iz vrtov, kjer so jih in jih še sadijo ljudje kot okrasne rastline; to so budleja (*Buddleja davidii*), japonsko kosteničje (*Lonicera japonica*), japonska medvejka (*Spiraea japonica*), deljenolistna rudbekija (*Rudbeckia laciniata*.) in druge (Jogan, 2009).

Previdnostni ukrepi, s katerimi lahko omejimo širjenje invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v Sloveniji in drugod po svetu, so zgodnje obveščanje in zakonodajni mehanizmi (Kus Veenvliet in sod, 2009). Na mednarodni ravni, ravni Evropske unije in državni ravni obstajajo številni predpisi, ki veljajo za področje tujerodnih vrst. Mednarodni predpisi so za države pogodbenice pravno zavezujoči in države so dolžne zagotoviti izvajanje določil in sklepov na nacionalni ravni. Predpisi Evropske unije morajo biti vključeni v slovenske predpise in se ravno tako izvajati na nacionalni ravni, vendar so ti precej pomanjkljivi na področju tujerodnih vrst. Na nacionalni ravni tujerodne vrste primarno obravnava Zakon o ohranjanju narave (2004) in v skladu s tem zakonom je naseljevanje rastlin in živali tujerodnih vrst prepovedano, razen ob posebnem dovoljenju ministrstva. V nobenem slovenskem predpisu pa zaenkrat ni definiran izraz invazivna tujerodna vrsta.

Zatiranje rastlin iz rodu *Ambrosia* je zaradi zdravstvenih vplivov na ljudi določeno z odredbo o ukrepih za zatiranje škodljivih rastlin iz tega rodu (Odredba ..., 2010). Po tej odredbi mora imetnik zemljišča, na katerem rastejo škodljive rastline, z namenom preprečevanja širjenja in za zatiranje, odstraniti te rastline s koreninami vred ali odstraniti njihov nadzemni del na način, da se škodljiva rastlina v rastni dobi ne obraste več.

2.3 INVAZIVNE TUJERODNE RASTLINSKE VRSTE IN OBRÉŽNI PAS

Pestrost in pogostost tujerodnih invazivnih rastlin se je močno povečala v obrežnih pasovih povsod po svetu. Kot je znano, lahko vsaka velika sprememba v sestavi rastlinske združbe poveča razrast tujerodnih invazivnih rastlin in povzroči velike spremembe v zgradbi in delovanju. Po drugi strani pa je lahko invazija tujerodnih rastlin tudi simptom določenih sprememb v obrežnem ekosistemu (Richardson in sod., 2007).

Po mnenju strokovnjakov je rečni ekosistem zelo podvržen invaziji tujerodnih rastlin zaradi dinamičnih hidroloških razmer, reke delujejo tudi kot pot za učinkovito razširjanje rastlinskih delov, predvsem semen (Thebaud in Debussche, 1991; Pyšek in Prach, 1993; Planty-Tabacchi in sod., 1996). Z dodatnimi motnjami v obrežnem pasu ali reki, ki jih povzroča človek s svojimi dejavnostmi, lahko posredno ali neposredno vpliva na invazivnost rastlin. Ko so tujerodne invazivne rastline vnesene in naseljene na določenih odsekih, mnoge izkoriščajo priložnosti, ki jih ponujajo poplave in antropogene motnje. Ker

večina rek teče skozi naselja, je priložnosti za vnos tujerodnih invazivnih rastlin več. Vodotok deluje kot prenašalec, ki prenaša semena in vegetativne oblike za razmnoževanje, pogosto skupaj z onesnažili in velikimi količinami sedimenta, na mesta, ki jih je človek s svojimi aktivnostmi spremenil. Veliko primerov kaže, da spremenjena zgradba obrežnega pasu sproži naselitev in razširitev invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v obrežnem pasu (Cowie in Werner, 1993; Decamps in sod., 1995; Hood in Naiman, 2000; Washitani, 2001). Strokovnjaki so ugotovili, da je izpostavljenost obrežnih pasov invaziji tujerodnih rastlin povezana s stopnjo motenj v obrežnem pasu (Planty-Tabacchi, 1996). Obrežni pasovi so tudi pomembna žarišča, iz katerih se rastline širijo v zaledje (Stohlgren in sod., 1998). Tak primer je razširitev tujerodne vrste orjaškega dežena (*Heracleum mantegazzianum* Sommier & Levier) na Češkem (Pyšek in sod., 2007). Prav tako pa obrežni pasovi predstavljajo koridor za širitev tujerodnih invazivnih rastlin skozi krajino, kjer so razmere manj ugodne (Pyšek in Prach, 1995; Stohlgren in sod., 1998).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 OBMOČJE RAZISKAV

3.1.1 Lega in geografske značilnosti vodotoka

Sotla je mejna reka med Slovenijo in Hrvaško. Dolga je približno 90 km (Kladnik, 1995), njeno porečje obsega 581 km² in je izrazito asimetrično (Žiger in Bognar, 2007). Reka izvira na južnem vznožju Maclja (Pavšek, 1998), izliva pa se v Savo na hrvaški strani, v vasi Drenje Brdovečko (Kladnik, 1995).

Reka Sotla teče skozi več različnih mezoregij, Boč in Macelj, Voglajnsko in Zgornjesotelsko gričevje, Srednjesotelsko gričevje, Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje, v Savo pa se izliva na območju Krške ravnine.

Po geografski regionalizaciji Slovenije iz leta 1998 (Perko in Orožen Adamič, 1998) pripadajo območja panonskim pokrajinam, katerih podlago sestavljajo predneogene kamnine. Po umiku Panonskega morja se je oblikovala gosta rečna mreža, ki je v debeli morski in rečni usedlinski odeji v miocenu, pliocenu in pleistocenu izoblikovala gričevnat svet ter vmesne ravnine (Perko in Orožen Adamič, 1998).

Hribovje Maclja je skoraj neposeljeno. Najpomembnejše naselje Voglajnskega in Zgornjesotelskega območja je Rogaška Slatina, ki je med največjimi zdraviliškimi turističnimi kraji v Sloveniji. Med obrati najbolj izstopa steklarna Rogaška (Pavšek, 1998). Največje naselje ob srednji Sotli je Podčetrtek, kjer je razvoj tega kraja močno zaznamovala izgradnja term Terme Olimia (pred tem Atomske toplice). Del toplic leži tik ob reki Sotli.

3.1.2 Značilnosti podnebja

Porečje Sotle ima subpanonsko podnebje. Sestavlja ga pet hidrografskih območij: Sotla–Rogatec, Mestinjščica, Sotla–Podčetrtek, Bistrica, Sotla–Bizeljsko (Prah, 2012).

Za ravnine in doline je značilen toplotni preobrat z nekaj večjimi temperaturnimi amplitudami, kot v višjem, gričevnatem toplotnem pasu, ki je posebno ugoden za vinogradništvo. Povprečna letna temperatura je med 9 in 10° C. Le v najvišjih legah Bočko-Maceljske pregrade se spusti pod 8° C. Število dni sončnega obsevanja je sorazmerno veliko (Pavšek, 1998). Padavine so na območju porečja Sotle dokaj enakomerno razporejene. Na severnem obrobju je letno povprečje padavin približno 1100 mm, na jugozahodnem delu je večje za 50 mm. V porečju Sotle so padavine med letom drugače razporejene, kakor v sosednjem področju Savinje. Vodnatost potokov je zato slabša kot v osrednji Sloveniji (Okvirna vodnogospodarska ..., 1965). Padavinski nižek nastopi poleti. Letni vlažnostni presežek znaša od 100 do 600 mm, a se poleti, zaradi povečanega izhlapevanja, pojavlja vlažnostni primanjkljaj (Pavšek, 1998). Po meteoroloških podatkih Agencije Republike Slovenije za Podsredo se povprečna letna višina padavin v zadnjih tridesetih letih rahlo zmanjšuje, kar vpliva na zmanjšanje vodnega pretoka (Prah, 2012).

3.1.3 Hidrološki režim reke Sotle in njenega porečja

Sotla ima panonsko dežno-snežni režim, saj je prvi višek vode marca in drugi novembra, prvi nižek avgusta in drugi januarja. Pri Rogatcu je srednji pretok Sotle 0,6 m³/s, pod sotočjem z Mestinjščico pa se nekajkrat poveča (Pavšek, 1998). Pri Rakovcu ima povprečni pretok 9,05 m³/s (Kolbezen, 1998) in najvišji vodostaj v marcu in aprilu (Pavšek, 1998). Povprečni nizki pretok Sotle znaša 0,88 m³/s, kar pomeni zmanjšano samočistilno in regeneracijsko sposobnost vodnega toka (Špes in sod., 2002). Največje samočistilne sposobnosti ima pritok Bistrica.

Zaradi pomanjkanja padavin občasno nastopi hidrološka suša, ki se odraža v zmanjšanem pretoku rek, kar poveča njihovo občutljivost. Zelo izrazito je razmerje med najmanjšim malim pretokom obdobja, srednjim pretokom in velikim pretokom v porečju reke Sotle, kar nakazuje na precejšnjo občutljivost reke predvsem v Rogatcu (zgornji tok) in pritoku Mestinjščice v Sodni vasi (prehod iz zgornjega v srednji tok). Najmanj občutljiv pritok je Bistrica, ki zbira vode iz okoliškega hribovja in gričev v srednjem delu porečja. Trajanje pretokov kaže na manj stabilne odtočne razmere reke Sotle, saj voda hitro naraste in odteče.

V svojem povirnem delu ima Sotla strm in hudourniški tok, nato pa se padec Sotle precej hitro zmanjša in preide v ravninski tok z velikimi ovinki. Številni okljuki v razširjenem delu zavirajo odtok in posledica so na tem območju pogoste poplave (Pavšek, 1998).

Po obsežnosti vodozbirnega območja sta Mestinjščica in Bistrica največja pritoka Sotle (Prah, 2012). Sotla je izoblikovala poplavno ravnico pod izlivom Draganje pri Rogatcu, ko se dolina nekoliko razširi. V tem delu vijuga po široki ravnici vse do Nimnega ter se nato pri Vonarjah skozi soteski podoben del prebije do hidrogeografskega vozlišča v kotlinici pod Pristavo pri Mestinju. V pristaviški dolini se najprej izliva v Mestinjščico Šmarski potok, nekoliko nižje z zahoda Zibiški in Tinski potok, z vzhoda pa še nekaj drugih, manj vodnatih potokov.

Za izboljšanje poplavne varnosti so tik nad sotočjem Sotle z Mestinjščico zgradili pregrado na Sotli. Sotelsko (Vonarsko) jezero naj bi varovalo pred poplavami, izboljšalo naj bi tudi vodno oskrbo, vendar je danes prazno. Spraznili so ga zaradi okoljevarstvenih razlogov, saj neurejena kanalizacija v Rogaški Slatini in okoliških večjih naseljih ob zgornji Sotli močno onesnažuje rečno vodo.

Pritoka Sotle v predelu Srednjesotelskega gričevja sta Bistrica in Buča. V tem delu teče Sotla prečno na potek kamninskih pasov, zato prereže vse hrbte vzhodnih odrastkov Posavskega hribovja. Ponekod se je razvilo ravno, do 1,5 km široko dolinsko dno. Največja poplavna območja ob Sotli so v njenem srednjem toku pri Podčetrtku, Imenem in Sedlarjevem (Pavšek, 1998). Nekoč je bilo v porečju Sotle več kot 150 mlinov, 5 žag, 7

glažut in 2 elektrarni. Z melioracijskimi sistemi so v sedemdesetih in osemdesetih letih prejšnjega stoletja poskušali osušiti holocenske ravnice ter s tem izboljšati pogoje za kmetijstvo (Prah, 2012).

Omrežje pritokov Sotle je izrazito nesimetrično, saj dobiva pritoke skoraj izključno z desne strani. Pod sotočjem z Mestinjščico so pritoki krajši in manj vodnati, med pomembnejšimi pa so Olimski in Golobinjski potok ter Buča v zgornjem delu in Virštanjski potok. Kljub kratkemu toku so pritoki zaradi večjega deleža neprepustnih kamnin sorazmerno vodnati. Najpomembnejši desni pritok Sotle v njenem srednjem delu in hkrati njen zadnji pred vstopom v sotesko Zelenjak je Bistrica. V Sotlo se v predelu Krško-Bizeljskega gričevja zlivajo vode iz vzhodnega dela Bizeljskega gričevja, na primer Bizeljski potok in Dramlja.

Samočistilna sposobnost Sotle je majhna, zato je kakovost vode slaba, posebej še zaradi velikih obremenitev z odpadnimi vodami. Kakovost vode je slabša od Rogaške Slatine navzdol zaradi vse večje onesnaženosti z organskimi spojinami (Kolbezen, 1998). Sotla spada med bolj onesnažene vodotoke v Sloveniji (Čuješ, 2007). Delno pripomorejo k večji onesnaženosti reke tudi slabo očiščene ali neočiščene odpadne vode. Pri Rogatcu je v reki in njenem pritoku Draganja povečana količina amonija in nitrita, kar je najbrž posledica vpliva naselja. V Podčetrtku je sicer čistilna naprava, ki pa je v času turistične sezone prekomerno obremenjena in prekoračuje razpoložljivo kapaciteto čiščenja (Prah, 2007).

Sotla v predelu Krške ravni poplavlja predvsem na hrvaški strani, na slovenski strani pa se najbolj razširi ob Kapelskih goricah. V tem delu je poplavna ravnica ob reki Sotli imenovana Jovsi. Jovsi so ena redkih še ohranjenih kulturnih krajin močvirnih in vlažnih travnišč z živimi mejami, posameznimi drevesi in grmišči. Območje je v celoti namenjeno kmetijstvu, kjer prevladujejo njive s koruzo, v osrednjem delu pa intenzivno košeni travniki (Perko, 1998).

Posegi v vodni in obvodni prostor predstavljajo pritisk na vodni tok Sotle. Naravna struga reke je delno ohranjena, delno pa je urejena z regulacijami, ki so se izvajale v drugi polovici 20. stol. Struga je v teh delih spremenjena v kanal, kar zmanjšuje njeno samočistilno sposobnost.

Številčnost jezer oz. mrtvih rečnih rokavov po porečju navzdol narašča, ko se tok reke Sotle umirja. V hidrogeografskih območjih Sotla-Rogatec in Bistrica jih je najmanj, ker ima reka tu hudourniški tok. Najobsežnejši mokrišči sta območje nekdanjega Sotelskega jezera in Jovsi. Porečje je tudi zelo bogato s podzemno vodo, na Brežiškem polju, v spodnjem delu toka, je območje podtalnice. V samem porečju so tudi številne hidrološke naravne vrednote, kot so površinski vodni tokovi z ohranjenimi meandri, izviri in soteske (Naravne vrednote). Posebno varstveno območje Natura 2000 pa predstavlja območje mokrotnih tal Dobrava–Jovsi (Natura 2000).

3.1.4 Geološka podlaga

V porečju Sotle je kamninska sestava zelo raznolika, posebej velja izpostaviti srednjetriadni dolomit kot vodonosni horizont termalne vode v Podčetrtku in adnezidni tuf kot vodonosni horizont mineralne vode v Rogaški Slatini (Prah, 2012). Gorske pregrade Boča in Maclja so sestavljene predvsem iz odpornejših, triasnih apnencev in dolomitov, ki proti vzhodu vse bolj tonejo pod odejo miocenskih plasti Voglajnskega in Zgornjesotelskega gričevja iz peščenjakov, laporjev in apnencev. Macelj je sestavljen predvsem iz peščenjakov. Široko izoblikovano podolje Voglajnskega in Zgornjesotelskega je ob Sotli napolnjeno s kvartarnimi naplavinami (Vovk, 1998; Pavšek, 1998). Od izvira do Podčetrтка, kjer preseka triasne kamnine Rudnice, teče po nepropustnih terciarnih kamninah spodnjega miocena, oligocena in pliocena. Te kamnine so nepropustne zaradi številnih vložkov laporjev in glin med propustnimi peščenjaki, peski in prodi (Okvirna vodnogospodarska ..., 1965).

V Bizeljskem gričevju prevladujejo zgornjepliocenski peski in gline, ter usedline s pojavi rjavega premoga in lignita. Ob reki Sotli se pojavljajo usedline, kot sta silikatni in karbonatni prod. Najbolj kraška je pokrajina Boča in Maclja, deloma tudi Srednjesotelsko gričevje, Krško in Bizeljsko gričevje. Na Voglajnskem, Zgornjesotelskem gričevju, Maclju in Boču se v manjšini pojavljajo tudi magmatske kamnine (Pavšek, 1998).

3.1.5 Pedološka sestava

V dolini Sotle prevladujejo vlažne in zamočvirjene, debele glinaste naplavine. Po sestavi so naplavine pritokov in zgornji tok Sotle do Rogatca bolj peščene, dobro prepustne za zrak in vodo, glavnina doline Sotle od Rogatca navzdol je glinasta.

Tla ob Sotli, glede na glinovitost, vlažnost in zaglejenost talnih horizontov, lahko razdelimo v tri razrede:

1. Šibko do zmerno vlažna peščeno-glinasta, bolj in manj apnenčasta rjava naplavina. V pasovih se razprostirajo ob Sotli in ob vseh njenih pritokih. Neposredno ob Sotli so tla nekoliko dvignjena. To so debele peščeno-glinaste naplavine, pomešane z nanosi obrobne grčevja, toda pod vplivom občasnih poplav.
2. Zamočvirjena in močno zaglejena glinasta tla. Nahajajo se na najnižjih mestih, kjer se voda zaradi slabe prepustnosti zadržuje dalj časa. V zgornji plasti so tla humozna in peščeno-glinasta, z globino se stopnjuje količina koloidno-glinastih delcev.
3. Močvirje s težko, popolnoma neprepustno koloidno glino. Takšna tla se pojavljajo le pod Kapelami in na Obrežiškem polju (Okvirna vodnogospodarska ..., 1965)

Macelj prekriva večinoma ranker, na strmih pobočjih se ponekod pojavljajo tudi rjava tla (Vovk, 1998). V dnu doline reke Sotle, v predelu Voglajnskega in Zgornjesotelskega, prevladujejo peščeno-prodni nanosi, kjer so se razvila rjava obrečna tla ali pa oglejena tla z večjim deležem ilovice in glin, ki so rudninsko in biološko zelo revna. Kjer so tla zaradi visoke talne vode ali poplav oglejena, prevladujejo travniki ali gozd. Na območju z zmerno vlažnimi tlemi je več njiv s koruzo in žitom. V dnu doline Sotle so večinoma travniki, obrežje reke pa je poraslo z vlagoljubnimi drevesnimi vrstami, kot so jelše, vrbe in topoli (Pavšek, 1998). Ob reki Sotli, v predelu Srednjesotelskega grčevja, prevladujejo meljasti in glinasti kvartarni nanosi, zato so tla v tem delu za kmetijstvo manj ugodna (Pavšek, 1998). V predelu Krško-Bizeljskega grčevja so na peščenih in prodnatih nanosih nastala obrečna tla, na katerih prevladujejo travniki in njive. Ob Sotli jih je največ na vzhodnem robu Bizeljskega grčevja (Perko, 1998). V porečju Sotle prevladuje gozd (43,8 %), 12,2 % površin v porečju Sotle predstavljajo njive in njihov delež je največji v hidrografskih območjih Sotla-Bizeljsko in Sotla-Podčetrtek. Tudi delež vinogradniških površin, ki sicer

predstavlja 3,6 % površja porečja Sotle, je največji v tem predelu, travniki in pašniki pa pokrivajo 28 % površin v porečju Sotle.

Ob reki Sotli in njenem porečju se pojavljajo tri območja Natura 2000, vezana na Direktivo o habitatih: Dobrava-Jovsi, Sotla s pritoki in Orlica. Po podatkih CIRCA (Communication & Information Resource Centre Administrator) so v posameznem območju prisotni naslednji habitatni tipi:

1. Dobrava-Jovsi: Nižinski ekstenzivno gojeni travniki (*Alopecurus pratensis*, *Sanguisorba officinalis*), Bukovi gozdovi (*Luzulo-Fagetum*), Ilirski hrastovo-belogabrovi gozdovi (*Erythronio-Carpinion*).
2. Sotla s pritoki: Bukovi gozdovi (*Luzulo-Fagetum*), Obrečna vrbovja, jelševja in jesenovja (mehkolesna loka); (*Alnus glutinosa* in *Fraxinus excelsior* (*Alno-Padion*, *Alnion incanae*, *Salicion albae*)), Ilirski bukovi gozdovi (*Fagus sylvatica* (*Aremonio-Fagion*)).
3. Orlica: Karbonatna skalnata pobočja z vegetacijo skalnih razpok, Bukovi gozdovi (*Luzulo-Fagetum*), Ilirski bukovi gozdovi (*Fagus sylvatica* (*Aremonio-Fagion*)) (Prostorski ..., 2013).

3.2 IZBIRA INVAZIVNIH TUJERODNIH RASTLIN

Pred začetkom dela smo si izbrali invazivne tujerodne rastlinske vrste, ki smo jih spremljali na terenu po predhodnem pregledu seznama invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v Sloveniji (Jogan, 2009). Potencialne vrste, ki naj bi se pojavljale ob reki Sotli, smo določili s pomočjo Gradiva za Atlas flore Slovenije (Jogan in sod., 2001). Nekatere vrste, ki so navedene na seznamu, vendar niso navedene v Atlasu flore Slovenije in so invazivne tujerodne, smo tudi popisali. Vrste smo določili s pomočjo Male flore Slovenije (Martinčič in sod., 1999), Flore Helvetice (Lauber in Wagner, 2001) in izbranih člankov.

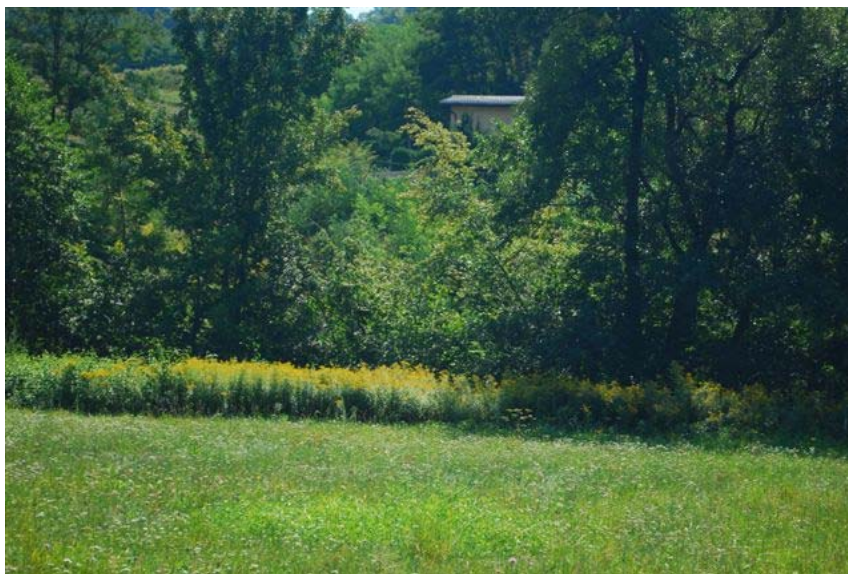
3.2.1 Opis invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli

V nadaljevanju smo na kratko povzeli samo nekatere značilnosti izbranih invazivnih tujerodnih vrst, ki smo jih popisali ob reki Sotli. Opisane so samo najbolj pogoste vrste.

***Solidago gigantea* Aiton – orjaška zlata rozga in *Solidago canadensis* L. – kanadska zlata rozga**

Na prvi pogled sta si orjaška in kanadska zlata rozga zelo podobni. V višino dosežeta obe do 280 centimetrov (Hartmann in sod., 1994). Razlikujeta se v gornjih delih poganjkov in stebлом v socvetju, ki je pri kanadski zlati rozgi dlakavo, pri orjaški zlati rozgi pa golo (Lauber in Wagner, 2001).

Številni majhni zlatorumeni koški so združeni v grozde, ki na vrhu stebela tvorijo latasto socvetje. Posamezni koški so iz notranjih, cevastih dvospolnih cvetov ter zunanjih jezičastih ženskih (Hartmann in sod., 1994). Razlike med vrstama so tudi v dolžini jezičastih cvetov. Pri orjaški zlati rozgi so jezičasti cvetovi razločno daljši od ovojka, medtem ko so pri kanadski komaj daljši (Martinčič in sod., 1999). Sta zelo nezahtevni vrsti, kar se tiče rastišč. Ustrezajo jima zelo različni tipi rastišč, ne glede na vlažnost tal, količino dušika v tleh, tip tal ali količino svetlobe. Sta zelnati trajnici. Razmnožujeta se spolno s semeni (širjenje na daljše razdalje) in nespolno s pomočjo korenik (širjenje na krajše in daljše razdalje, npr. z vodnim tokom). S korenikami tvorita zelo goste sestoje, tako da v njih ne more uspevati nobena druga rastlinska vrsta (Strgulc Krajšek, 2008).



Slika 1: Sestoj orjaške zlate rozge (*Solidago gigantea*) na 78. odseku
Figure 1: Stand of giant goldenrod (*Solidago gigantea*) on site 78.

***Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray – oljna bučka**

Oljna bučka je enoletnica s plazečim stebлом, ki zraste tudi do 12 m dolžine. Cvetovi so enospolni, zeleno do bele barve. Oba spola najdemo na isti rastlini (Klotz, 2007). Pravijo ji tudi divja kumara zaradi njenega zanimivega plodu, zaradi česar so jo tudi začeli gojiti v okrasne namene. Najpogosteje jo najdemo na sončnih mestih na grmovju in bregovih rek. Rada ima obrečna in vlažna tla. Problematična je s tega vidika, da prerašča obstoječo vegetacijo in s svojimi listi zastira svetlobo, ki bi sicer prodrla v spodnje dele (Marić, 2010), in tako onemogoča normalno rast avtohtone vegetacije. Spreminja tudi naravno strukturo in sukcesijo prvotne združbe (Vasić, 2005). Svoja semena zelo uspešno razširja z vodo (Klotz, 2007), zato je zelo razširjena tudi ob drugih slovenskih rekah (Savinja in Sava).



Slika 2: Plod oljne bučke (*Echinocystis lobata*)

Figure 2: Fruit of wild cucumber (*Echinocystis lobata*)

***Helianthus tuberosus* L. – laška repa, topinambur**

Topinambur je zelnata trajnica, ki sodi v družino nebinovk (*Asteraceae*). Ima pokončno steblo, ki doseže v višino tudi do 3 m. Koški socvetja so veliki 4–8 cm, cevasti in jezičasti cvetovi so rumeni. Razmnožuje se predvsem vegetativno s podzemnimi gomolji, ki se lahko prenašajo z vodo na nova mesta. Gomolji so v zemlji zaščiteni pred nizkimi zimskimi temperaturami in tako spomladi zopet poženejo iz njih mlade rastline (Wittenberg, 2005).

Najpogosteje najdemo to vrsto na bregovih rek in potokov, gozdnih robovih, ob cestah, na nasipališčih in podobno (Bačič, 2008). Vrsta ima zelo rada sončna rastišča in vlažna tla, bogata s hranili (Wittenberg, 2005). V Sloveniji ga najpogosteje najdemo na distričnih rjavih tleh na silikatih (Flora Slovenije, 2004, cit. po Fišer, 2005). Na bregovih rek lahko razvije goste in visoke sestoje ter ogroža avtohtono vegetacijo, posebej nižinske obrežne združbe visokih steblik. Onemogoča razvoj kalice avtohtonih drevesnih vrst (npr. jelše, vrbe) (Lohmeyer in Sukopp, 1992).

***Robinia pseudacacia* L. – navadna robinija**

Je zelo razpoznavna vrsta, cenjena zaradi svojih medonosnih cvetov in trpežnega lesa. Listopadno drevo, ki zraste do 30 m visoko, cveti od maja do junija. Danes je, poleg evkalipta, verjetno najpogostejše gojena drevesna vrsta na svetu. Najbolje uspeva na rahlih, globokih in rodovitnih peščenih tleh, v katerih lahko razvije globok koreninski sistem, v bolj zbitih tleh je njen koreninski sistem plitev. Čeprav ni tolerantna na senco in na sušo, se je razširila v kulturno krajino, ob ceste in potoke ter v gozdove, ki so pod vplivom človekovega delovanja (Brus, 1997). Zaradi sposobnosti fiksacije dušika lahko raste tudi v hranilno revnih tleh, kjer bi preživele redke rastline (Wittenberg, 2005).

***Impatiens glandulifera* Royle [*I. roylei* Walp] – žlezava nedotika**

Je hitro rastoča, do dva metra visoka enoletnica z močnim, golim in kolenčasto odebeljenim stebлом. Steblo je votlo, doseže tudi do 5 cm premera. Listi so premenjalno nameščeni (v zgornjem delu stebela v vretencu), jajčasto suličasti in večinoma grobo nazobčani (Wittenberg, 2005; Frajman, 2004). Na peclju listov so žlezni laski, po katerih je vrsta tudi dobila ime (Frajman, 2004). Cvetovi so rožnate ali škrlatne barve, redkeje bele, veliki 2,5–4 cm in združeni v grozdasta socvetja.

Najpogostejše vrsto najdemo v obrežni vegetaciji rek in potokov, ob cestah, ob poteh, na robovih gozdov in na vlažnejših ruderalnih rastiščih (Frajman, 2004; Wittenberg, 2005). Velikokrat je v združbi deljenolistne rudbekije, japonskega dresnika in topinamburja že izrinila domačo obrežno vegetacijo rek in potokov, npr. Soče, Kolpe in Krke ali pa njihovih pritokov. Širjenje iz posameznih, sedaj še izoliranih rastišč ob rekah je verjetno nemogoče zaustaviti (Frajman, 2004). Ker je izredno medonosna rastlina, so jo čebelarji načrtno širili ob bregovih slovenskih rek (Sever, 1999).



Slika 3: Socvetje žlezave nedotike (*Impatiens glandulifera*)
Figure 3: Inflorescence of Himalayan balsam (*Impatiens glandulifera*)

***Ambrosia artemisiifolia* L. – pelinolistna žvrklja, ambrozija**

Vrsta je enoletnica, s pokončnim, večkrat razrastlim stebлом, ki doseže tudi do 2 m v višino (Wittenberg, 2005). Je vetrocvetka, moški cvetovi (2–4 mm) so zbrani v koških na koncu poganjka, ženski cvetovi pa se nahajajo na bazah zgornjih listov. Semena lahko ostanejo kaljiva tudi 40 let v talni semenski banki (Bretagnolle in Chauvel, 2006). Uspeva na peščenih krajih, zlasti ob prometnicah, ob vodah in nasipališčih (Martinčič, 1999). Pogosto jo najdemo na deponijah, izkopih, gradbiščih, suhih ruderalnih in kmetijskih zemljiščih, drenažnih kanalih in brežinah vodotokov. Zelo rada ima sončne in tople lege, rahlo kislila tla, bogata s hranili, najdemo pa jo tudi na peščenih, hranilno revnih tleh, kjer sicer ne zraste tako visoko (Jogan, 2009; Bretagnolle in Chauvel, 2006). V Evropi in Sloveniji se pojavlja v večjih skupinah ter predstavlja zaradi povzročanja inhalacijskih alergij prednostno vrsto, ki jo je potrebno zatirati. Leta 2010 je pričel veljati Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o zdravstvenem varstvu rastlin, ki je opredelil pelinolistno ambrozijo (*Ambrosia artemisiifolia*) in druge neofitne vrste iz rodu *Ambrosia* kot škodljive rastline, pri katerih se izvajajo fitosanitarni ukrepi.

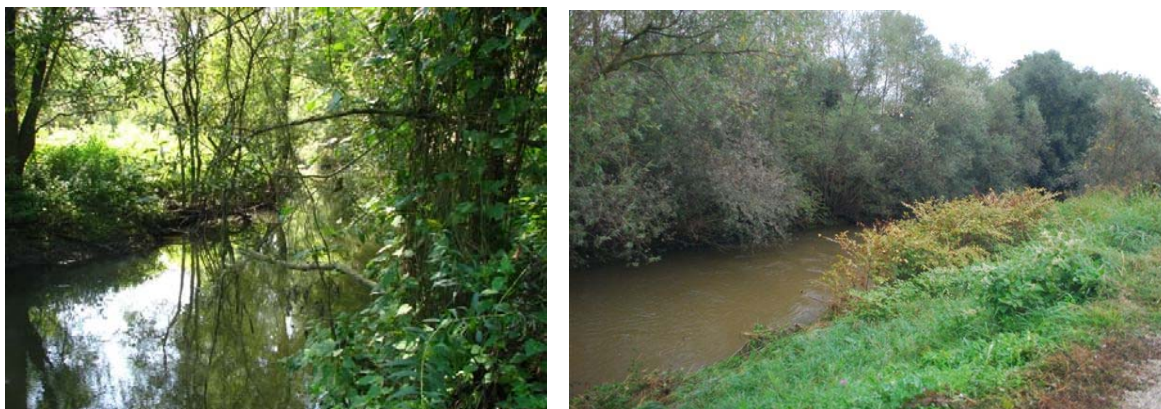
***Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. – navadna vinika**

Navadna vinika je ovijalka iz družine vinikovk (*Vitaceae*), ki izvira iz Severne Amerike in je zelo priljubljena okrasna rastlina ograj na vrtovih, pokopališčih in parkih. Njeni listi so sestavljeni, dlanasti in se jeseni značilno obarvajo svetlo do bordo rdeče barve. Zaradi tega jo tudi zelo dobro opazimo na drevesih in ostalih rastlinah, katere prerašča. Neopazni rumenkasti cvetovi v socvetju se jeseni razvijejo v črnomodre jagode. Glede tal ni posebno izbirčna, rada ima kislta tla, uspeva pa na suhih peščenih tleh, kot tudi mokrih in obrečnih tleh (King in Henson, 2005). Ker obstaja možnost zamenjave te vrste s peterolistno viniko (*Parthenocissus inserta* (Kern.) Fritsch), smo bili na terenu pozorni na razlike, opisane v Mali flori Slovenije. Navadna vinika razvije ob stiku s podlago na svojih viticah oprijemalne ploščice, medtem ko so vitice peterolistne vinike brez ploščic (Martinčič, 1999).

3.3 TERENSKO DELO

Ob reki Sotli smo določili 86 100-metrskih odsekov s pomočjo sistema GERK (grafična enota rabe kmetijskega gospodarstva), Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Večina invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst začne cveteti v juliju in avgustu, zato smo popis izvajali v mesecu avgustu 2008. Da bi se čim prej seznanili z vsemi tujerodnimi invazivnimi vrstami, smo izvedli popis na terenu od izliva (odsek št. 1) do izvira (odsek št. 86). V mesecu avgustu leta 2012 smo ponovili popis. Tokrat smo na 17 naključno izbranih odsekih (iz nabora 2008) ponovno popisali le pojavnost, razširjenost in pogostost vrst.

Ker je Sotla mejna reka med Hrvaško in Slovenijo, smo popisali samo desni breg reke, ki se večinoma nahaja na slovenski strani. Dovoljenje za gibanje v obmejnem pasu smo pridobili na lokalnih policijskih postajah.



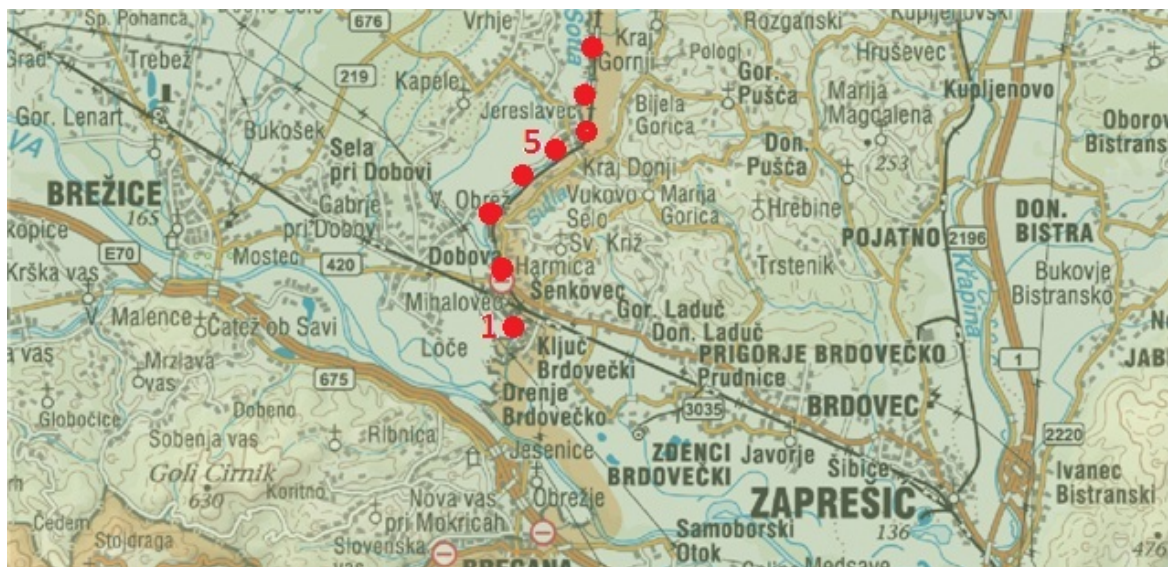
Slika 4: Odseka v srednjem in v spodnjem toku reke Sotle
Figure 4: Two sites in middle and lower river course

Na posameznem popisnem odseku (priloga A), ki je obsegal 50 m po toku navzdol in 50 m po toku navzgor od vzorčnega mesta (skupno 100 m), smo dolžine odsekov izmerili s pomočjo vrvi. Petih vzorčnih mest nismo popisali, saj je bil teren nedostopen. S pomočjo zračnih posnetkov sistema GERK smo določili vzorčne odseke, na terenu pa smo si pomagali tudi z državnimi topografskimi kartami.

Izdelali smo popisni list (priloga B), ki smo ga izpolnili na vsakem odseku. Vzorčna mesta smo zabeležili z GPS-napravo (Global Positioning System). Popisni list je sestavljen iz dveh delov. Prvi del popisnega lista se je nanašal na širšo okoljsko oceno. Ta del je zasnovan po Petersenovi (1992) prirejeni metodi RCE (Riparian, Channel and Environmental Inventory). RCE metoda je izdelana za ocenjevanje fizičnega in biološkega stanja majhnih vodotokov v nižinski kmetijski krajini. Metoda omogoča hitro oceno in primerjanje med posameznimi odseki istega vodotoka ali med različnimi vodotoki. Popisni list obsega petnajst parametrov, s pomočjo katerih smo definirali značilnosti posameznega odseka vodotoka in pripadajočega obrežnega pasu. Pri vsakem parametru smo izbirali med štirimi možnimi trditvami (razen za parametra globina in hitrost vodnega toka) in se odločili za eno. Trditve opisujejo kakovostni gradient določenega parametra. V popisni list smo vključili 9 RCE parametrov, ki bi lahko imeli vpliv na naselitev invazivnih tujerodnih rastlin.

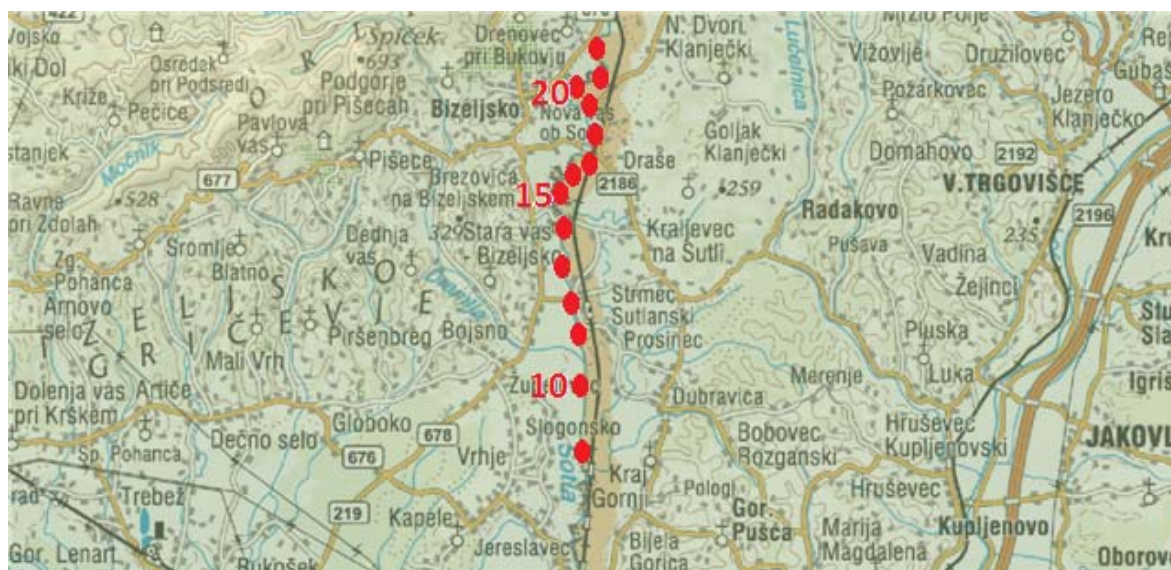
Z vrednostjo 1 je označeno najbolj nespremenjeno – naravno stanje, z vrednostjo 4 pa najbolj spremenjeno ali degradirano stanje izbrane značilnosti vodotoka (priloga B).

Drugi del popisnega lista se je nanašal na invazivne tujerodne rastlinske vrste, ki smo jih našli na posameznem odseku. Ta del popisnega lista je vseboval sedem vprašanj, ki definirajo obseg, pojavnost in fenološko fazo posamezne invazivne tujerodne rastlinske vrste. Oceno pokrivnosti posamezne vrste smo določili s petstopenjsko lestvico (1–5, priloga A).



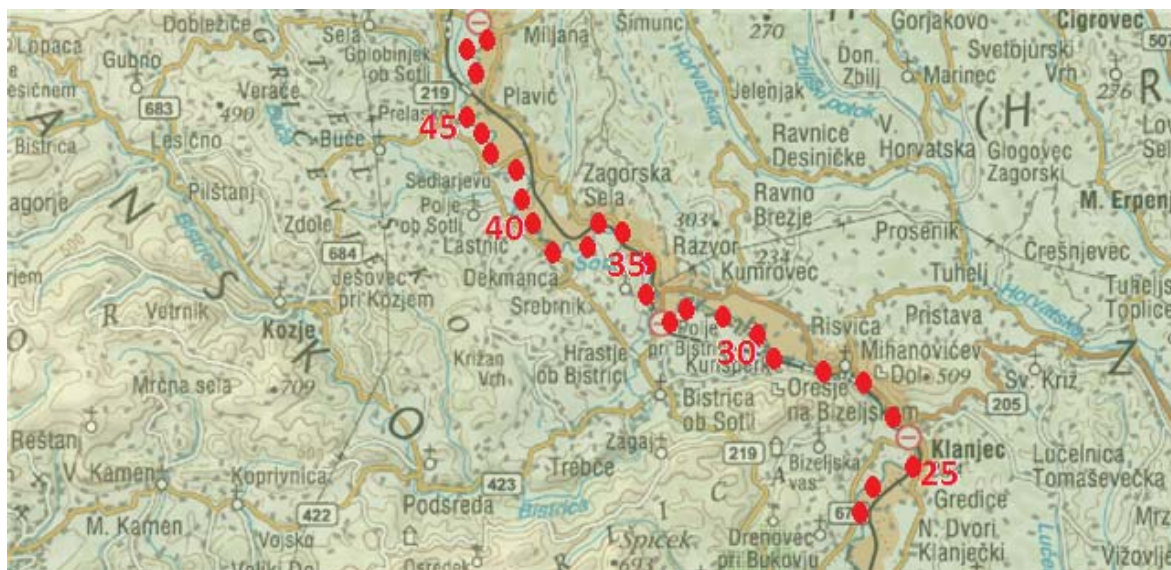
Slika 5: Zemljevid reke Sotle 1/5 z označenimi odseki 1 do 8 (vir: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)

Figure 5: Map of river Sotla 1/5 with marked sites 1 to 8 (ref.: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)



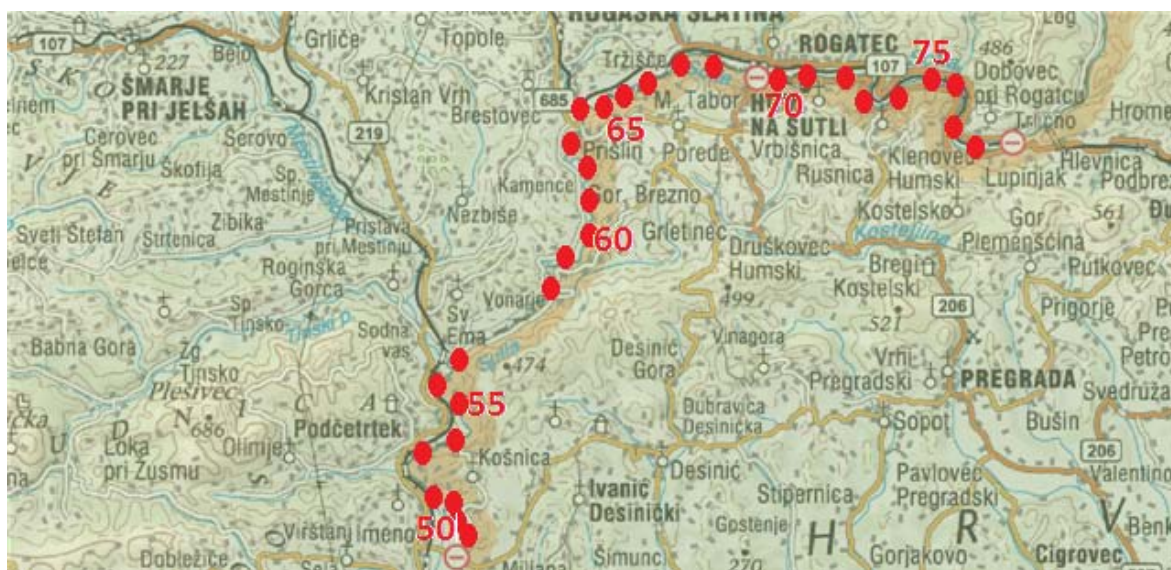
Slika 6: Zemljevid reke Sotle 2/5 z označenimi odseki 9 do 22 (vir: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)

Figure 6: Map of river Sotla 2/5 with marked sites 9 to 22 (ref.: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)



Slika 7: Zemljevid reke Sotle 3/5 z označenimi odseki 23 do 48 (vir: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)

Figure 7: Map of river Sotla 3/5 with marked sites 23 to 48 (ref.: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)



Slika 8: Zemljevid reke Sotle 4/5 z označenimi odseki 49 do 78 (vir: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)

Figure 8: Map of river Sotla 4/5 with marked sites 49 to 78 (ref.: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)



Slika 9: Zemljevid reke Sotle 5/5 z označenimi odseki 79 do 86 (vir: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)

Figure 9: Map of river Sotla 5/5 with marked sites 79 to 86 (ref.: Atlas okolja Agencije RS za okolje, 2012, 1:100 000)

3.4 OBDELAVA PODATKOV

3.4.1 Širša okoljska ocena vodotoka

Vrednotenje in popis okoljskih dejavnikov po metodologiji RCE smo prikazali s pomočjo programa MS Excel 2007.

3.4.2 Značilnosti vodotoka in popis posameznih tujerodnih invazivnih vrst

Podatke smo obdelali s pomočjo programa MS Excel 2007 in jih grafično prikazali. Pojavljanje določenega parametra glede na celoten vodotok je prikazano v deležih.

3.4.3 Pojavljanje in pogostost izbranih tujerodnih invazivnih vrst vzdolž vodotoka

S pomočjo računalniškega programa MS Excel 2007 in dodatka Excelu, računalniškega programa, ki ga je priredil Milijan Šiško (2003) po metodologiji Pall in Janauer (1995), smo obdelali podatke o pogostosti in pojavljanju izbranih tujerodnih invazivnih vrst. Ocene prisotnosti in pogostosti invazivnih tujerodnih vrst so nam pokazale razporeditev in zastopanost vrst v celotni dolžini vodotoka Sotle.

3.4.4 Kanonična korespondenčna analiza (CCA)

Kanonična korespondenčna analiza je multivariatna metoda, ki združuje lastnosti korespondenčne analize (CA) in multiple regresije (Ter Braak in Verdonchot, 1995; Ter Braak, 1986). Omogoča nam raziskati povezavo med dvema skupinama spremenljivk oz. je poskus iskanja zveze med razporeditvijo vrst ter okoljskimi dejavniki in gradienti tako, da vključuje korelacije in regresije med posameznimi faktorji v sami ordinacijski analizi (Ter Braak, 1986). Glavna ideja metode je zmanjšanje (redukcija) števila spremenljivk. Osnovni nabor spremenljivk transformiramo (preslikamo) v množico novih (umetnih) spremenljivk, ki jih imenujemo glavne komponente (kanonične osi). Te nove spremenljivke so linearna kombinacija osnovnih spremenljivk in v sebi nosijo kar se da velik del informacije osnovnih spremenljivk. Mera za informacijo je varianca. Prva glavna komponenta je določena tako, da pojasni čim večji del celotne variance. Druga glavna komponenta je določena tako, da je neodvisna od prve in pojasni, kar se da velik del

nepojasnjene variance. Glavnih komponent je toliko, kolikor je osnovnih spremenljivk. Glavne komponente so med seboj pravokotne, urejene po padajoči velikosti variance in ohranjajo skupno variabilnost spremenljivk. Če so osnovne spremenljivke med seboj dovolj povezane, imajo kasnejše glavne komponente majhno varianco in jih lahko zanemarimo (Vidrih, 2006).

Rezultati so prikazani na ordinacijskem diagramu, kjer je velikost vpliva določenega dejavnika ponazorjena z dolžino vektorja. V CCA je predpostavljeno, da prisotnost in številčnost vzdolž okoljskega gradienta sledi Shelfordovemu zakonu tolerance (Shelford, 1911 in Odum, 1971, cit. po Ter Braak in Verdonchot, 1995), ki pravi, da vsaka vrsta najbolje uspeva pri določeni vrednosti spremenljivke (optimum vrste). Točke vrst na ordinacijskem diagramu ponazarjajo optimum vrst. Z metodo izbiranja »forward selection«, ki je del programa CANOCO 4.5 (Ter Braak, 1987–1990), so izbrane le tiste okoljske spremenljivke, ki statistično značilno pojasnijo različenost nič različnih vrst. V analizo smo vključili samo statistično značilne spremenljivke ($P \leq 0,1$). Vrednost za statistično značilnost smo testirali z Monte Carlo permutacijskim testom (999 permutacij).

4 REZULTATI

4.1 ŠIRŠA OKOLJSKA OCENA VODOTOKA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
širina obr. vegetacije																						
sklenjenost vegetacije																						
vegetacija obr. pasu																						
oblika struge																						
spremenbe struge																						
struktura bregov																						
posegi v rečni breg																						
spodjedanje bregov																						
brzice, tolmini, meandri																						
raba tal v zaledju																						

	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
širina obr. vegetacije																						
sklenjenost vegetacije																						
vegetacija obr. pasu																						
oblika struge																						
spremenbe struge																						
struktura bregov																						
posegi v rečni breg																						
spodjedanje bregov																						
brzice, tolmini, meandri																						
raba tal v zaledju																						

	= ugodno stanje (1)
	= dobro stanje (2)
	= slabše stanje (3)
	= najslabše stanje (4)

Slika 10: Ocena okoljskih lastnosti posameznih odsekov od izliva do izvira reke Sotle (odseki 1–44)
Figure 10: Rating of environmental properties of each individual site from outflow to source of the river Sotla (sites no.1–44)

	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
širina obr. vegetacije																					
sklenjenost vegetacije																					
vegetacija obr. pasu																					
oblika struge																					
spremenbe struge																					
struktura bregov																					
posegi v rečni breg																					
spodjedanje bregov																					
brzice, tolmoni, meandri																					
raba tal v zaledju																					

	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
širina obr. vegetacije																					
sklenjenost vegetacije																					
vegetacija obr. pasu																					
oblika struge																					
spremenbe struge																					
struktura bregov																					
posegi v rečni breg																					
spodjedanje bregov																					
brzice, tolmoni, meandri																					
raba tal v zaledju																					

	= ugodno stanje (1)
	= dobro stanje (2)
	= slabše stanje (3)
	= najslabše stanje (4)

Slika 11: Ocena okoljskih lastnosti posameznih odsekov od izliva do izvira reke Sotle (odseki 45–86)
Figure 11: Rating of environmental properties of each individual site from outflow to source of the river Sotla (sites no.45–86)

Okoljske ocene nismo izvedli za izvirski del vodotoka, ker struga občasno presahne, metoda pa ni razvita za takšne razmere. V predelu Sotelskega jezera smo izpustili pet odsekov zaradi nemogočega dostopa do struge, kar je posledica gostega rasti in zamočvirjenosti.

57 % odsekov je po parametru širina obrežne vegetacije v slabšem stanju, kar pomeni, da na teh odsekih širina obrežne vegetacije ne presega 5 m (priloga D).

Slabše stanje odsekov v srednjem in spodnjem toku je posledica rabe tal v zaledju in širine obrežne vegetacije. Najslabše stanje je bilo na 70. odseku v naselju Rogatec, kar je posledica rabe tal v zaledju, nesklenjene obrežne vegetacije, širine obrežne vegetacije, sprememb in posegov v rečni breg. Grmovne in drevesne vrste so bile na obeh bregovih skoraj v celoti odstranjene, zeliščno vegetacijo je v večini predstavljala invazivna tujerodna vrsta orjaška zlata rozga.

Reka v odsekih od 69. do 73. teče skozi večje naselje Rogatec, kjer je bilo opaznih veliko izpustov kanalizacije. Kjer je bila obrežna vegetacija prisotna, je sicer sklenjena, vendar ne širša od 5 m. Tik za obrežnim pasom in v zaledju so urbane površine, ponekod so bregovi reke tudi umetno utrjeni. Slabše stanje je bilo opazno tudi na 42. odseku (slika 10), ob vasi Sedlarjevo, in na 55. odseku (slika 11), ki se nahaja zraven bazenov Term Olimia – Aqualuna. Tudi tu je bilo veliko drevesnih in grmovnih vrst odstranjenih, od zeliščne vegetacije pa so prevladovalle invazivne tujerodne vrste.

Zadnji odseki (81.–86. km) proti izviru Sotle so v zelo dobrem (neokrnjenem) stanju, ker tu prevladuje prvotni gozd in so posegi v strugo in obrežni pas minimalni. V dobrem stanju so tudi odseki 16, 27, 28 in 58 (sliki 10 in 11). 58. odsek se nahaja tik pred vstopom v Sotelsko jezero, kjer je zaledje dokaj nespremenjeno. 27., 28., in 37. odsek desnega brega so sicer v dobrem stanju, vendar pa bi imel levi breg toliko slabšo oceno zaradi obdelovalnih površin v zaledju, nesklenjenosti in širine obrežne vegetacije. Odseka 27 in 28 se nahajata tudi zelo blizu ceste na hrvaški strani. Na 37. odseku smo na hrvaški strani opazili tudi dva velika sestoja dveh invazivnih tujerodnih vrst.

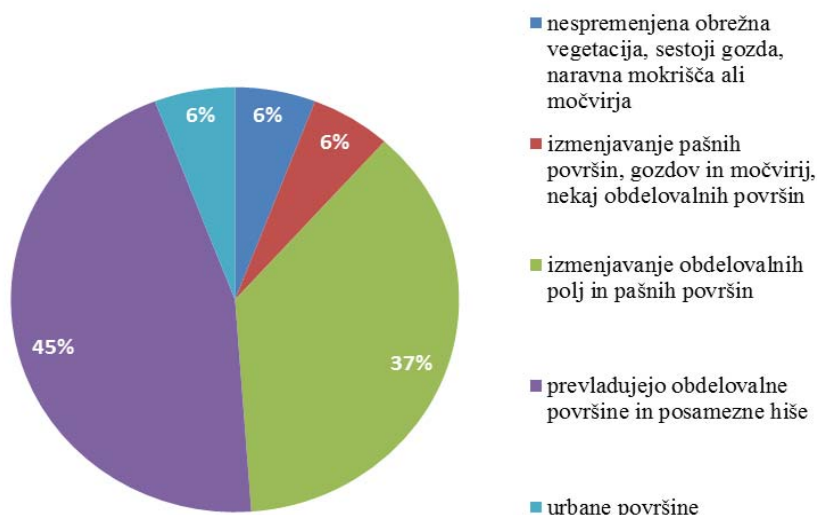
36 % odsekov je po parametru raba tal v zaledju v najslabšem stanju. Na teh odsekih prevladujejo obdelovalne površine ali strnjeno urbano območje (priloga D). Skoraj ob celotni strugi reke Sotle so se raztezale obdelovalne površine. Širina obrežne vegetacije le na redkih mestih presega 5 m širine, obdelovalne površine pa se nahajajo tik za obrežno vegetacijo oz. segajo skoraj do bregov reke. Obrežna vegetacija je sicer dokaj sklenjena, predvsem v zgornjem toku, kjer prevladuje gozd. V srednjem toku so se ponekod pojavljale prekinitve na razdaljah, večjih od 50 m. Predel s pogostimi prekinitvami

vegetacije je bil na 70. odseku (Rogatec) in 6. odseku, ob vasi Rakovec, kjer je bila obrežna vegetacija večinoma odstranjena. 6. odsek je zelo slabo ocenjen tudi zaradi širine obrežne vegetacije in rabe tal v zaledju.

V splošnem pa obrežno vegetacijo ob strugi sestavljajo pionirske vrste dreves in grmovja, kot so npr. vrbe (*Salix* spp.).

4.2 ZNAČILNOSTI VODOTOKA IN POPIS POSAMEZNIH INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST

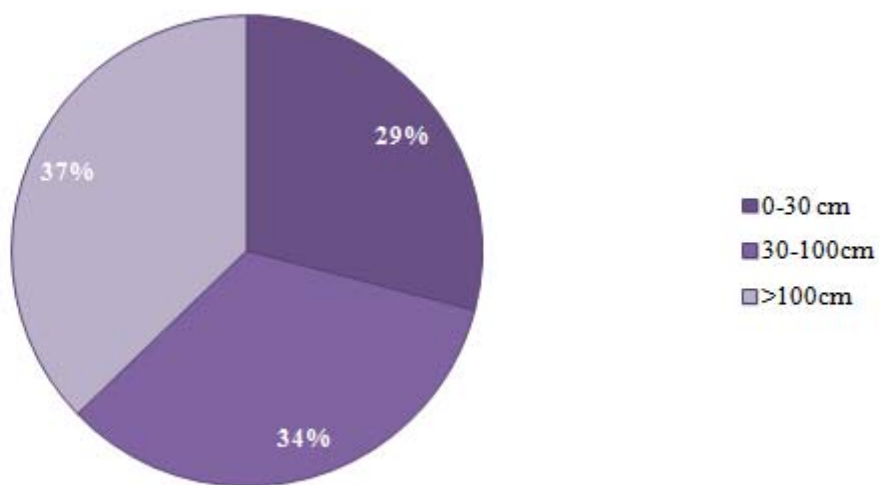
4.2.1 Raba zemljišča, neposredno za obrežno vegetacijo desnega brega Sotle



Slika 12: Raba zemljišča, neposredno za obrežno vegetacijo desnega brega Sotle
Figure 12: Land use just beyond riparian vegetation on the right bank of river Sotla

Kot je razvidno iz slike 12, prevladujejo tik za obrežno vegetacijo ob reki Sotli obdelovalne površine. Ponekod so tik ob reki Sotli tudi posamezne hiše. Obdelovalne površine se raztezajo takorekoč ob celotnem toku reke, le na zadnjih odsekih, kjer je vegetacija nespremenjena, prevladuje gozd. Izjema je tudi 28. odsek (Zelenjak), kjer prevladuje gozdna vegetacija, vendar se na hrvaški strani, tik za obrežno vegetacijo, nahaja cesta. Urbane površine so tik ob reki Sotli prisotne v kraju Podčetrtek in Rogatec.

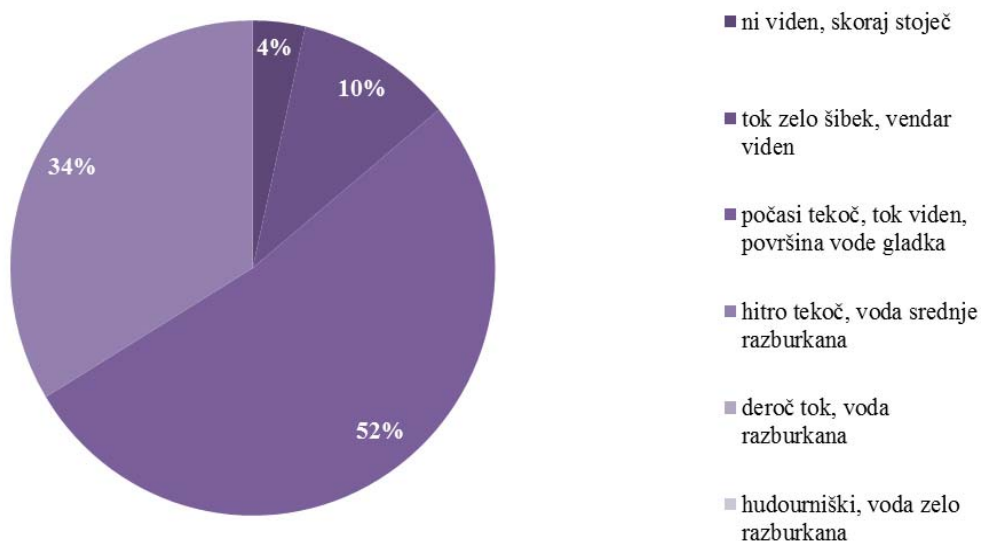
4.2.2 Globina vode



Slika 13: Globina vode
Figure 13: Water depth

Globina Sotle se vzdolž vodotoka zelo spreminja. V zgornjem toku je globina na večini odsekov do 30 cm (29 %), v srednjem toku na več mestih preseže globino 100 cm (37 %), v spodnjem toku pa globina znaša 30–100 cm (34 %) (slika 13).

4.2.3 Hitrost vodnega toka



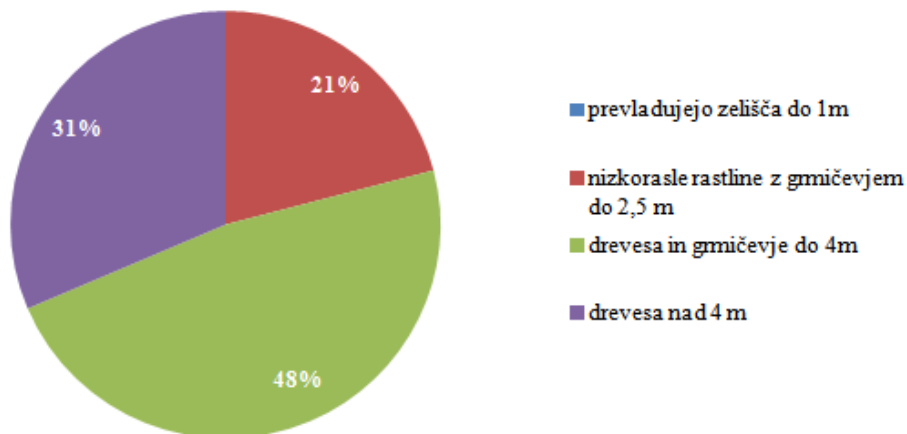
Slika 14: Hitrost vodnega toka
Figure 14: Water velocity

Sotla je počasi tekoča reka (52 %). V zgornjem in srednjem toku je ponekod hitro tekoča (34 %). Na nekaterih mestih v spodnjem delu je bil tok komaj viden in zelo šibek (10 %), na treh odsekih pa toka ni bilo videti (4 %) (slika 14). Nikjer pa ni bilo opaziti deročega ali hudourniškega toka.

4.2.4 Vodna vegetacija

Vodno vegetacijo v reki sestavljajo predvsem mahovi, alge in maloštevilne vodne semenke.

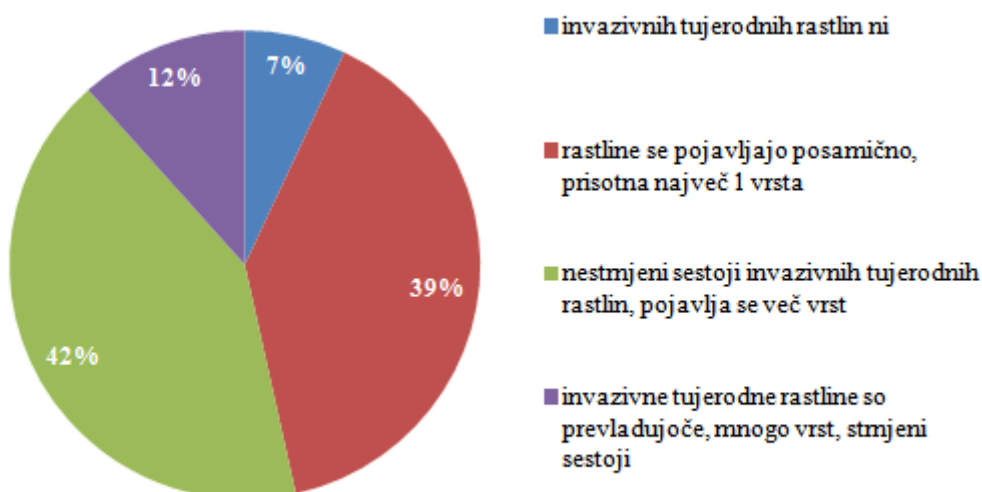
4.2.5 Višina obrežne vegetacije



Slika 15: Višina obrežne vegetacije
Figure 15: Height of riparian vegetation

Iz slike 15 je razvidno, da ob reki Sotli prevladujejo drevesa in grmičevje do 4 m višine (48 %), na tretjini odsekov so se pojavljala tudi drevesa, katerih višina je presegala 4 m. Na nobenem odseku pa niso prevladovala zelišča do 1 m višine.

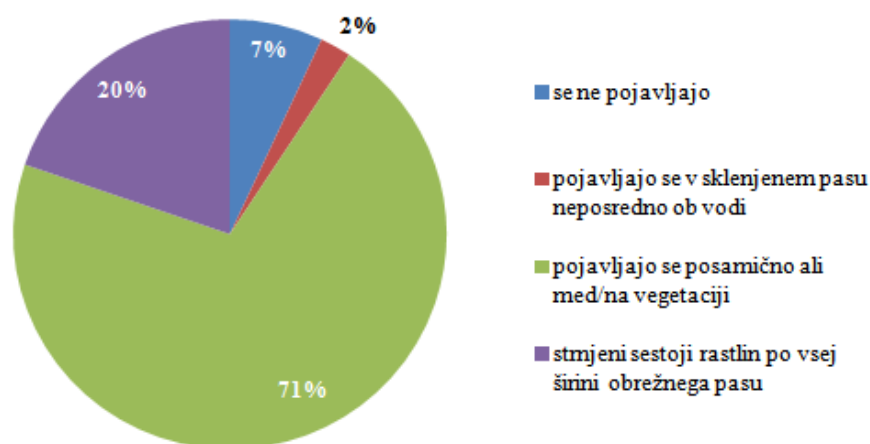
4.2.6 Prisotnost invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v obrežnem pasu



Slika 16: Prisotnost invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst ob reki Sotli
Figure 16: Presence of invasive alien plant species along river Sotla

Iz slike 16 je razvidno, da so bili nekateri odseki obrežnega pasu Sotle brez invazivnih tujerodnih vrst, to je bilo predvsem v zgornjem toku reke (7 %). Prvotna obrežna vegetacija je bila tu dobro ohranjena oz. je prevladoval gozd. V obrežnem pasu Sotle prevladujejo odseki, kjer se pojavlja samo ena vrsta (39 %) ali pa več vrst v nestrjenih sestojih (42 %). Na nekaterih mestih, predvsem v osrednjem delu reke, so se pojavljali odseki, kjer so bile invazivne tujerodne rastline prevladujoče in so se pojavljale v strnjenih sestojih.

4.2.7 Pojavnost invazivnih tujerodnih vrst glede na del obrežnega pasu



Slika 17: Pojavnost invazivnih tujerodnih vrst glede na del obrežnega pasu
Figure 17: Occurrence of invasive alien species in regards to part of riparian zone

Iz zgornje slike (slika 17) je razvidno, da se je največ invazivnih tujerodnih vrst pojavljalo posamično ali med vegetacijo (71 %). Sem štejemo tudi oljno bučko in navadno viniko, ki sta vzpenjalki in sta se pojavljali na vegetaciji. Ponekod so se pojavljale invazivne tujerodne vrste po vsej širini obrežnega pasu (20 %). Le na dveh odsekih pa smo zasledili invazivne tujerodne rastlinske vrste, ki so rastle neposredno ob vodi.

4.3 POJAVLJANJE IN POGOSTOST IZBRANIH INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST VZDOLŽ VODOTOKA

Po predhodnem pregledu Gradiva za Atlas flore Slovenije (2001) smo ob reki Sotli spremljali prisotnost in pogostost trinajstih vrst invazivnih tujerodnih rastlin, navedenih v spodnji preglednici (preglednica 1).

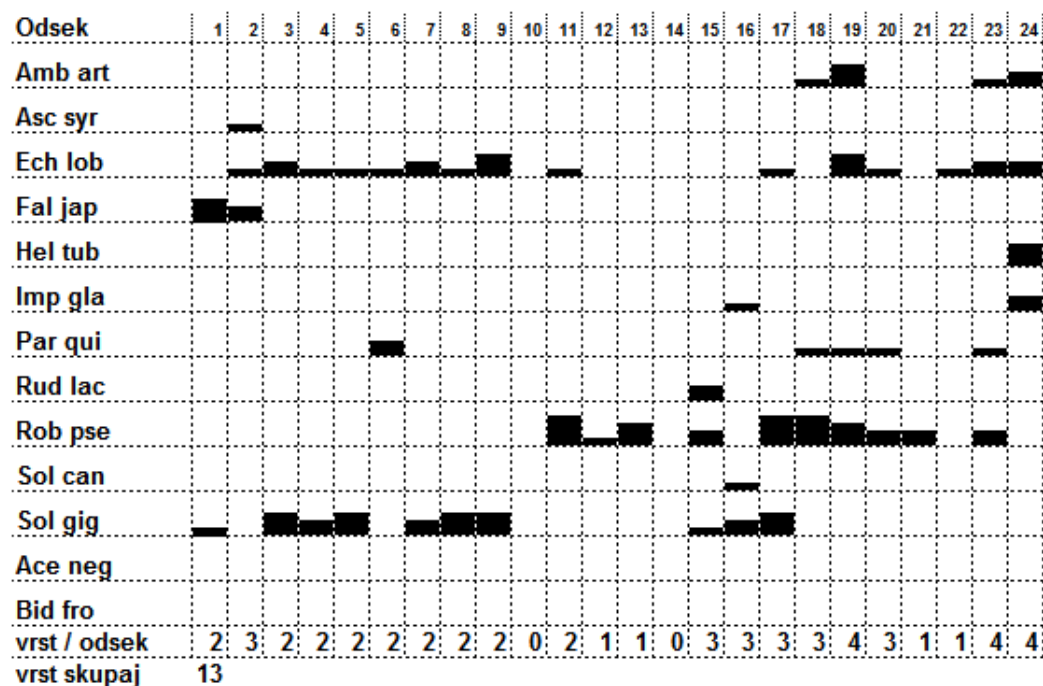
Pri pregledu smo morda kakšno potencialno invazivno tujerodno vrsto tudi spregledali.

Preglednica 1: Seznam invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst ob reki Sotli
Table 1: List of invasive alien plant species along river Sotla

Latinsko ime	Slovensko ime	Okrajšava
<i>Acer negundo</i>	amerikanski javor	Ace neg
<i>Ailanthus altissima</i>	veliki pajesen	Ail alt *
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	pelinolistna žvrklja, ambrozija	Amb art
<i>Asclepias syriaca</i>	sirska svilnica	Asc syr
<i>Bidens frondosa</i>	črnoplodni mrkač	Bid fro
<i>Echinocystis lobata</i>	oljna bučka	Ech lob
<i>Fallopia japonica</i>	japonski dresnik	Fal jap
<i>Helianthus tuberosus</i>	laška repa, topinambur	Hel tub
<i>Impatiens glandulifera</i>	žlezava nedotika	Imp gla
<i>Parthenocissus quinquefolia</i>	navadna vinika	Par qui
<i>Robinia pseudacacia</i>	navadna robinija	Rob pse
<i>Rudbeckia laciniata</i>	deljenolistna rudbekija	Rud lac
<i>Solidago canadensis</i>	kanadska zlata rozga	Sol can
<i>Solidago gigantea</i>	orjaška zlata rozga	Sol gig
<i>Spiraea japonica</i>	japonska medvejka	Spi jap *

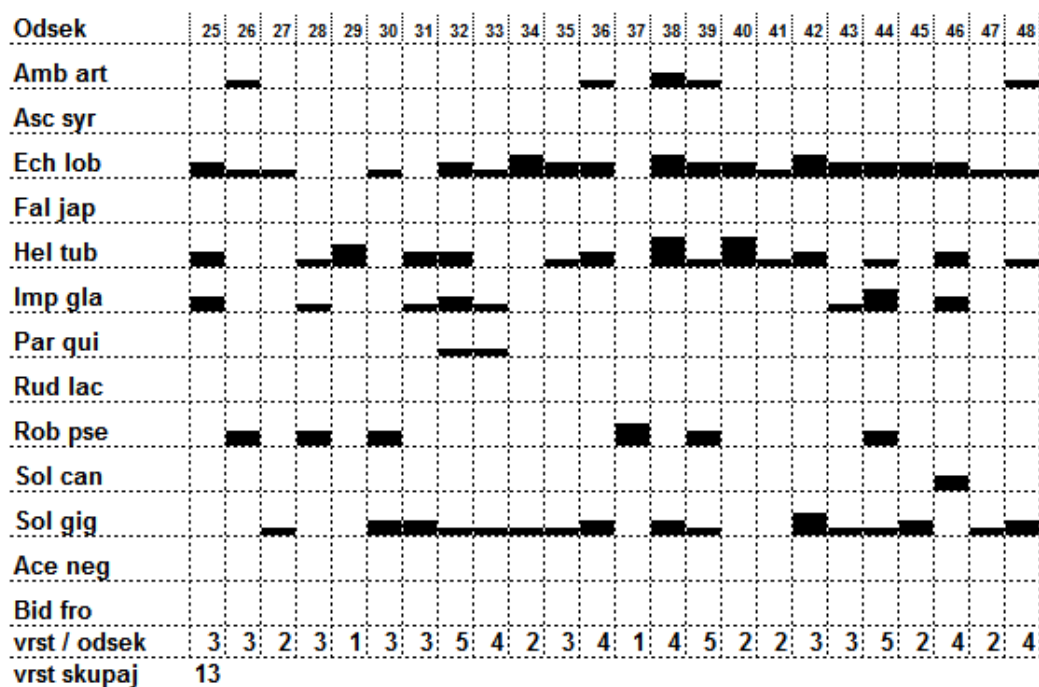
*Vrsta se je pojavila pri 2. popisu, leta 2012.

4.3.1 Pojavljanje in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst vzdolž vodotoka pri popisu leta 2008



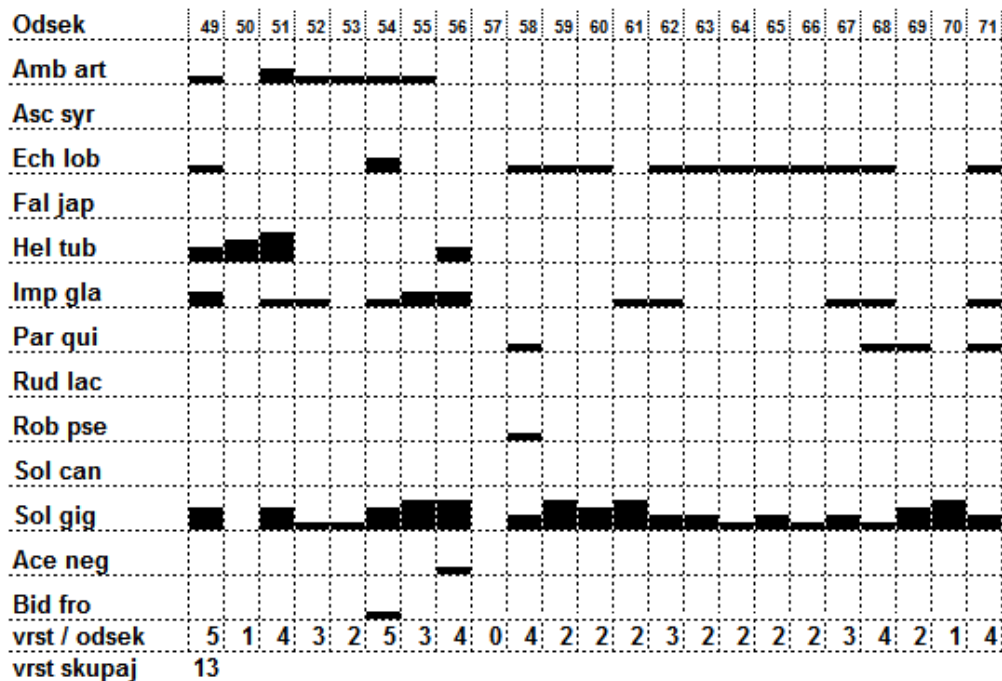
Slika 18: Razporeditev in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli od izliva do izvira (odseki 1–24; višina stolpca pomeni zastopanost vrste 1–5)

Figure 18: Distribution and occurrence of selected invasive alien species along river Sotla from outflow to source (sites no. 1–24; height of column shows presence of species 1–5)



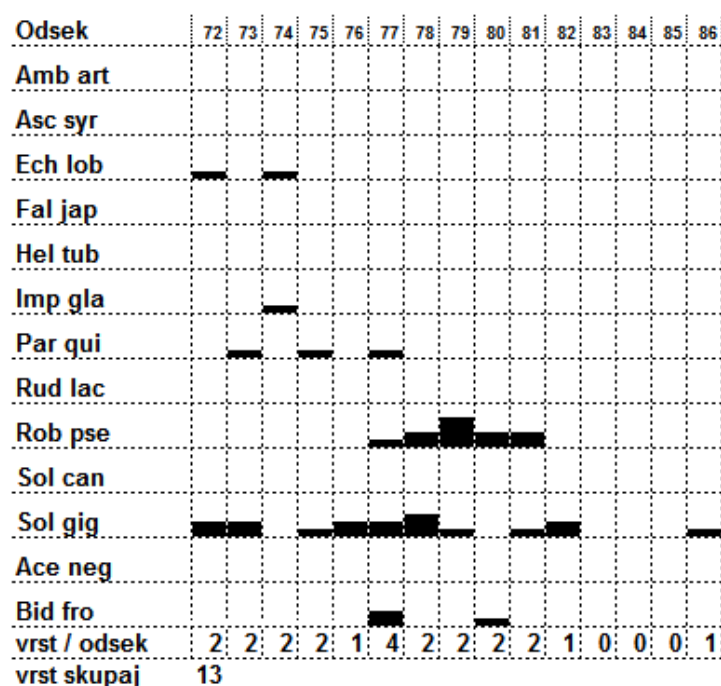
Slika 19: Razporeditev in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli od izliva do izvira (odseki 25–48; višina stolpca pomeni zastopanost vrste 1–5)

Figure 19: Distribution and occurrence of selected invasive alien species along river Sotla from outflow to source (sites no. 25–48; height of column shows presence of species 1–5)



Slika 20: Razporeditev in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli od izliva do izvira (odseki 49–71; višina stolpca pomeni zastopanost vrste 1–5)

Figure 20: Distribution and occurrence of selected invasive alien species along river Sotla from outflow to source (sites no. 49–71; height of column shows presence of species 1–5)



Slika 21: Razporeditev in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli od izliva do izvira (odseki 72 –86; višina stolpca pomeni zastopanost vrste 1–5)

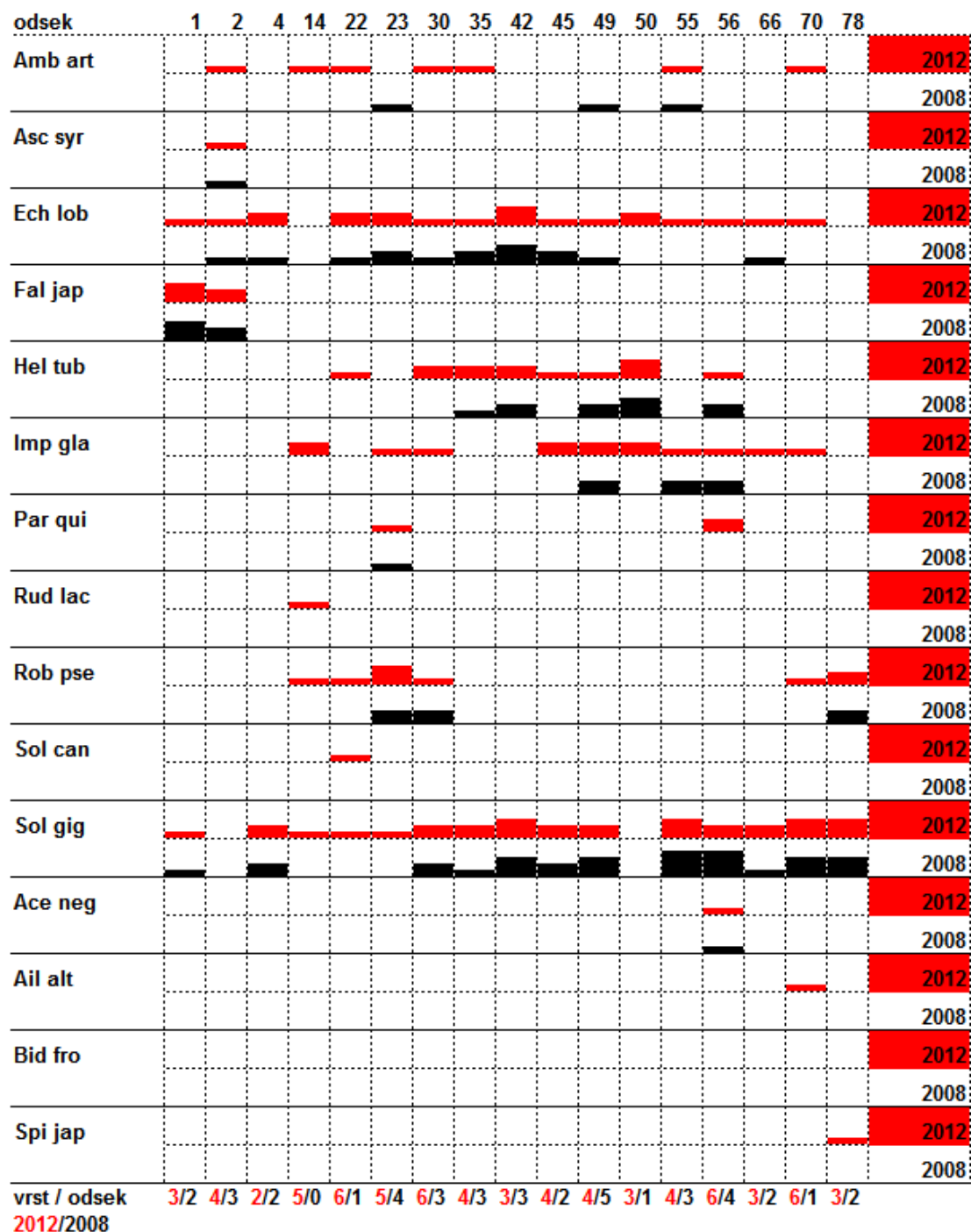
Figure 21: Distribution and occurrence of selected invasive alien species along river Sotla from outflow to source (sites no. 72–86; height of column shows presence of species 1–5)

Reko smo razdelili na 86 odsekov in izvedli popis od izliva do izvira reke Sotle. Številčno smo največ invazivnih tujerodnih vrst našli v obrežnem pasu srednjega dela reke na odsekih 32, 39, 44, in 49 (5 vrst) (sliki 19 in 20). Največjo zastopanost invazivnih tujerodnih vrst, glede na ostale vrste posameznega odseka, smo zasledili na odsekih 17, 19 (slika 18), 24, 38, 42, 44 (slika 19), 49, 51 in 56 (slika 20). Invazivnih tujerodnih vrst nismo našli na 10., 57., 83.–85. odseku, kjer je prvotna obrežna vegetacija bolj ali manj ohranjena.

Od invazivnih tujerodnih vrst sta bili najbolj zastopani orjaška zlata rozga, ki smo jo našli na 57 odsekih, in navadna oljna bučka na 50 odsekih. Orjaška zlata rozga se je pojavljala po celotni dolžini struge, celo v zgornjem delu reke, blizu izvira (86. odsek), kjer je gozd. Zelo zastopane so bile tudi topinambur, žlezasta nedotika in navadna robinija, ki smo jih našli na približno 20 odsekih. Delež zastopanosti teh petih vrst je na teh odsekih zelo velik.

Redko zastopane so bile vrste *Asclepias syriaca*, *Fallopia japonica*, *Acer negundo*, *Bidens frondosa* in *Rudbeckia laciniata*, ki smo jih našli na največ treh odsekih (vrsti *Asclepias syriaca* in *Fallopia japonica* na prvih dveh odsekih, *Acer negundo* na 56. odseku, *Rudbeckia laciniata* na 15. odseku, *Bidens frondosa* na 54., 77., in 80. odseku). Sirsko svilnico smo opazili na nekaterih vrtovih okoliških naselij, od koder je najbrž tudi ušla.

4.3.2 Pojavljanje in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst vzdolž vodotoka pri popisu leta 2012



Slika 22: Razporeditev in pogostost izbranih invazivnih tujerodnih vrst ob reki Sotli od izliva do izvira leta 2008 in 2012 (višina stolpca pomeni zastopanost vrste 1–5)

Figure 22: Distribution and occurrence of selected invasive alien species along river Sotla from outflow to source in year 2008 and 2012 (height of column shows presence of species 1–5)

Če primerjamo izbrane popisne odseke iz leta 2008 in 2012, že na prvi pogled vidimo, da je pojavnost izbranih invazivnih tujerodnih vrst nekoliko večja v letu 2012 (slika 22).

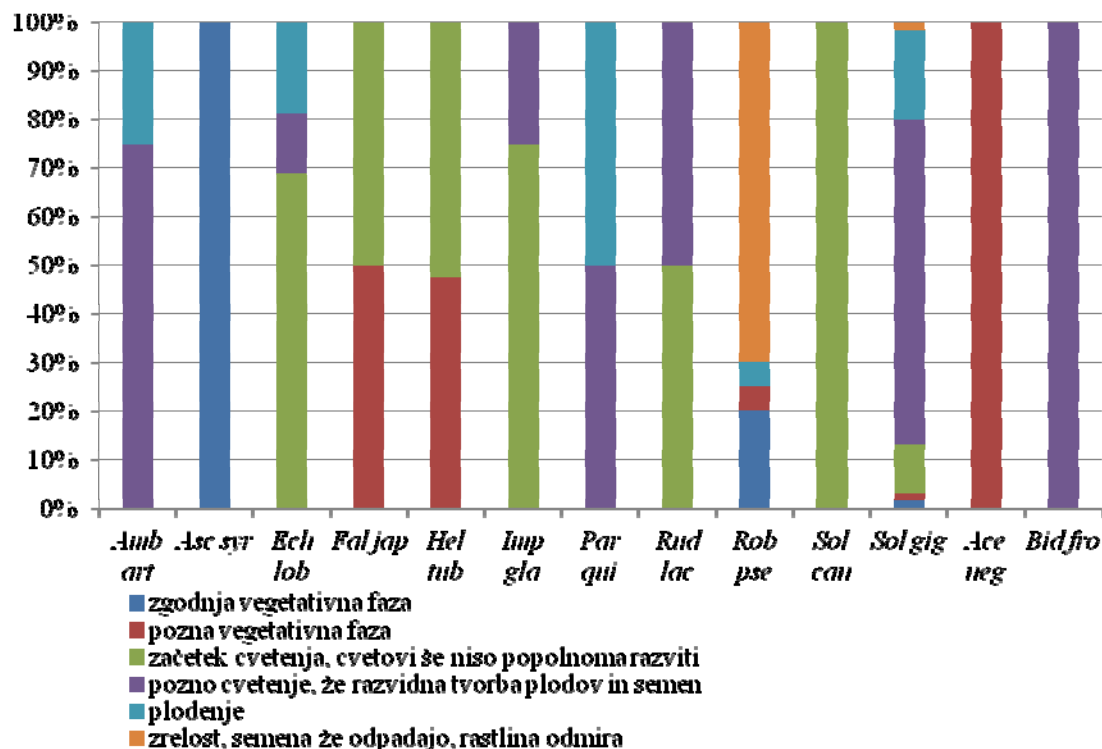
Pri popisu leta 2008 na 14. odseku ni bilo prisotnih invazivnih tujerodnih vrst, v letu 2012 je bilo na tem odseku prisotnih kar 5 vrst. Podobno stanje smo opazili tudi na 22. odseku, kjer je bilo leta 2012 prisotnih kar 6 vrst, medtem ko je bila leta 2008 prisotna le ena vrsta. Več vrst smo, v primerjavi z letom 2008, našli tudi na 23., 30., 35., 45., 50., 55., 56., 66., 70. in 78. odseku.

Na 1., 50., 55., 56., 66., in 70. odseku leta 2008 še nismo opazili oljne bučke, medtem ko smo leta 2012 opazili nekaj rastlin te vrste na teh odsekih. Podobno lahko trdimo tudi za vrste *Ambrosia artemisiifolia*, ki se je leta 2012 pojavila na vsaj šestih novih lokacijah, *Impatiens glandulifera* na sedmih, *Helianthus tuberosus*, *Solidago gigantea* in *Robinia pseudacacia* na treh in *Parthenocissus quinquefolia* na dveh. Leta 2012 smo opazili tudi dve novi vrsti, ki jih leta 2008 še nismo zasledili, to sta veliki pajesen (70. odsek) in japonska medvejka (78. odsek). Pri prvem popisu 2008 smo na odsekih 23. in 49. opazili ambrozijo v zelo malem številu (manj kot 5 rastlin), medtem ko jih leta 2012 nismo popisali.

V pokrovnosti z invazivnimi tujerodnimi vrstami ni bistvene razlike med leti 2008 in 2012. Kjer se je pojavilo več vrst, je število novih rastlin, ki smo jih opazili, majhno in ne moremo reči, da je iz tega vidika stanje slabše. Ocene okoljskih lastnosti izbranih odsekov se niso bistveno spremenile od leta 2008, izjema je 22. odsek, kjer smo opazili viden človeški poseg v obrežno vegetacijo, ki je bila odstranjena in na tem delu se je pojavilo šest invazivnih tujerodnih vrst. Na 14. odseku, v vasi Gregovce, leta 2008 nismo opazili invazivnih tujerodnih vrst, leta 2012 pa kar pet. Na tem odseku se vaščani poleti kopajo, zato je nekaj lesne in grmovne vegetacije obrežnega pasu odstranjene. Leta 2008 je bila na tem delu vidno pokošena zelnata vegetacija, medtem ko leta 2012 ni bila.

4.4 POPIS POSAMEZNIH INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST

4.4.1 Fenološka faza



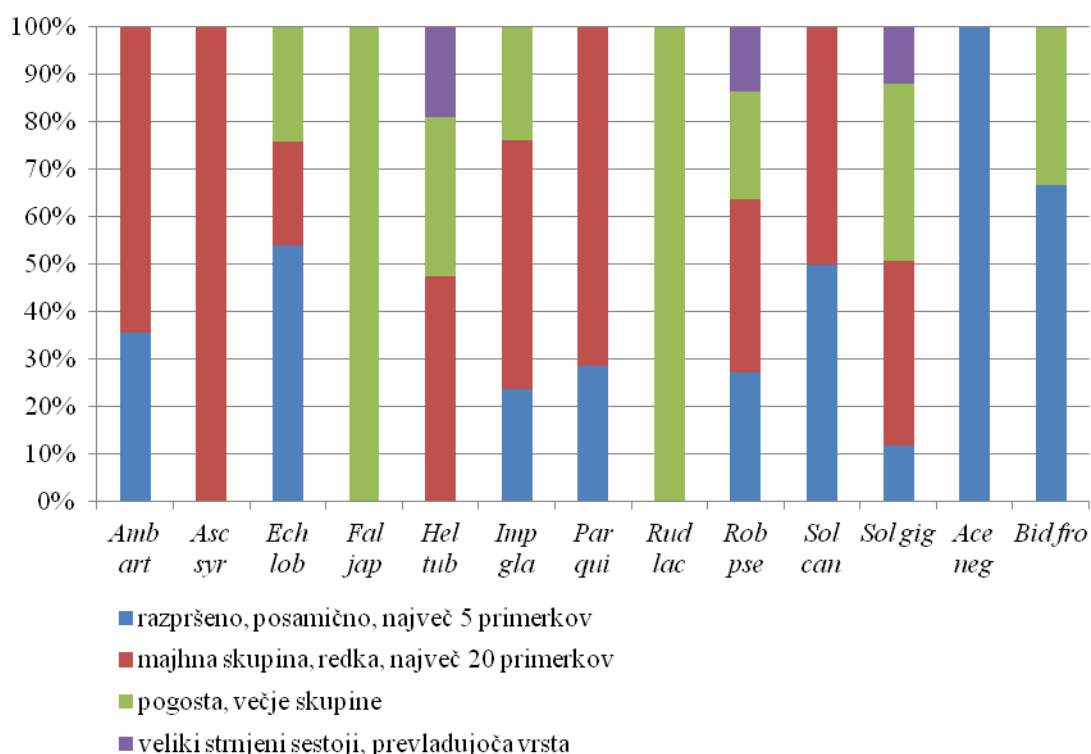
Slika 23: Fenološka faza posamezne invazivne tujerodne vrste (1.8.–30.8.2008)

Figure 23: Phenological phase of individual invasive alien species (1.8.–30.8.2008)

Fenološka faza nam pove, v kakšnem časovnem sosledju si sledijo rastline, glede na to, da je bil pregled opravljen v določenem obdobju (od 1. 8. 2008 do 30. 8. 2008). To je pomembno z vidika sobivanja invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst. Vrste, ki so se najbolj pogosto pojavljale na posameznih odsekih, so bile v času popisa, večinoma v začetni fazi cvetenja oz. v pozni fazi, pri čemer je bila že vidna tvorba plodov in semen (slika 23). Razen navadne robinje, ki je bila na mnogih odsekih že v fazi zrelosti in so semena že odpadla, smo na nekaterih zadnjih odsekih našli tudi orjaško zlato rozgo v isti fazi. Pelinolistna ambrozija je bila na večini odsekov v pozni fazi cvetenja, z že vidno tvorbo plodov in semen. Vrste *Asclepias syriaca*, *Fallopia japonica*, *Acer negundo*, *Rudbeckia laciniata* in *Solidago canadensis* smo našli le na enem oz. dveh odsekih, zato so se te vrste pojavljale le v eni oz. dveh fenoloških fazah. Oljna bučka je bila na večini odsekov v začetni fazi cvetenja, na zadnjih odsekih (proti koncu meseca) pa je bila pri rastlinah že vidna tvorba plodov in semen. Topinambur smo v tem mesecu našli le v pozni vegetativni

fazi oz. v začetku cvetenja, kjer cvetovi še niso bili popolnoma razviti. Tudi žlezava nedotika v času vzorčevanja še ni popolnoma cvetela, predvsem ne v spodnjih odsekih. Orjaška zlata rozga se je večinoma nahajala v fazi poznega cvetenja, kjer je bila že razvidna tvorba plodov in semen. Črnoplodni mrkač se je nahajal na vseh treh lokacijah v pozni fazi cvetenja z že razvidno tvorbo semen.

4.4.2 Sociološka ocena



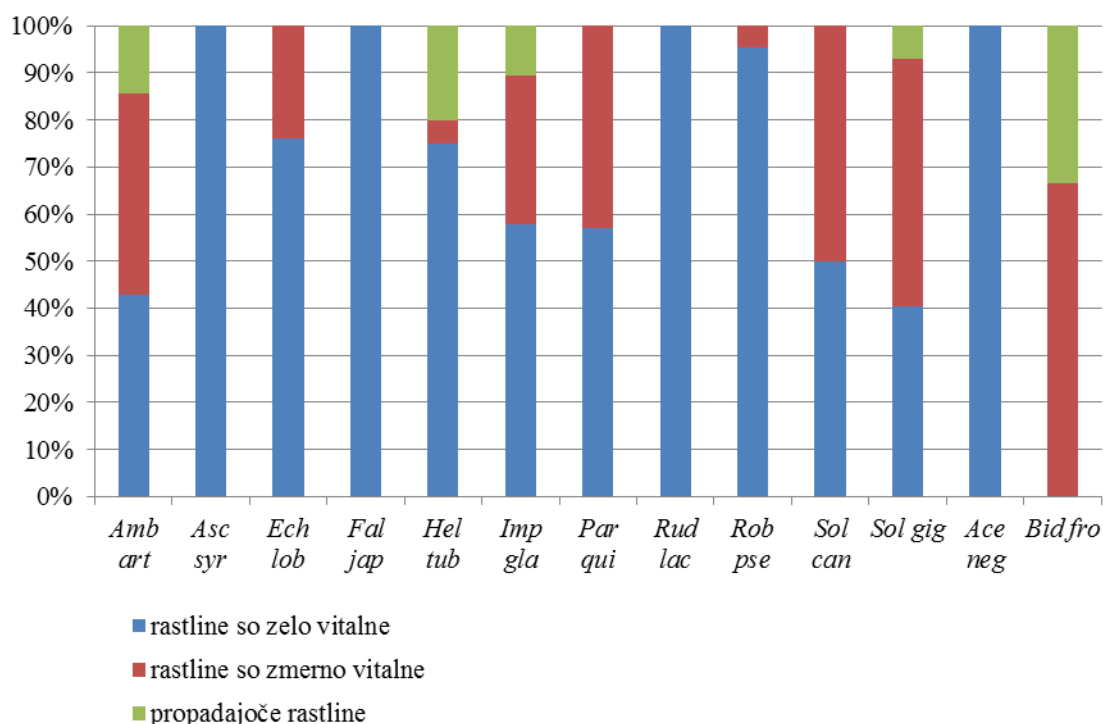
Slika 24: Sociološka ocena posamezne vrste

Figure 24: Sociological evaluation of individual species

Diagram (slika 24) nam skupaj z diagrami razporeditve in pogostosti (slike 18.–21.) pove, kako se posamezna vrsta ob reki Sotli pojavlja in kaj si v prihodnosti še lahko obetamo. Pelinolistna ambrozija se je v obrežnem pasu reke Sotle pojavljala večinoma v majhnih skupinah, kjer je bilo prisotnih največ 20 primerkov (slika 24). Tudi sirske svilnice, katere primerke smo sicer našli samo na enem odseku, je bilo številčno malo, največ 20 primerkov. Oljna bučka se je večinoma pojavlja razpršeno, do največ 5 primerkov, smo pa na nekaterih odsekih v spodnjem in srednjem delu opazili rastline v večjem številu, kot večje skupine. Na odsekih, kjer sta se pojavljala japonski dresnik in deljenolistna

rudbekija, so bile rastline prisotne v večjih strnjenih skupinah. Topinambur, ki smo ga večinoma našli v srednjem delu, se je v večini pojavljal v manjših skupinah, do 20 primerkov, na nekaterih lokacijah pa kot pogoste, večje skupine ali v velikih strnjenih sestojih, kjer je bila ta vrsta, glede na ostalo vegetacijo, prevladujoča. Žlezava nedotika se je pojavljala v manjših skupinah, do največ 20 primerkov, v spodnjem in srednjem delu se je ponekod pojavljala kot pogosta vrsta, v večjih skupinah. Navadna vinika in kanadska zlata rozga sta se večinoma pojavljali v manjših skupinah, do 20 primerkov. Navadna robinja in orjaška zlata rozga sta se pojavljali posamično kot tudi v večjih skupinah, na nekaterih odsekih pa smo rastline našli tudi v velikih strnjenih sestojih, kjer sta bili vrsti prevladujoči glede na ostalo vegetacijo. Ameriški javor smo našli le na enem odseku, kjer je bilo prisotnih le nekaj primerkov. Od treh odsekov, kjer smo našli črnoplodni mrkač, je bilo na dveh le nekaj rastlin, na enem odseku pa je bil en večji sestoj rastlin.

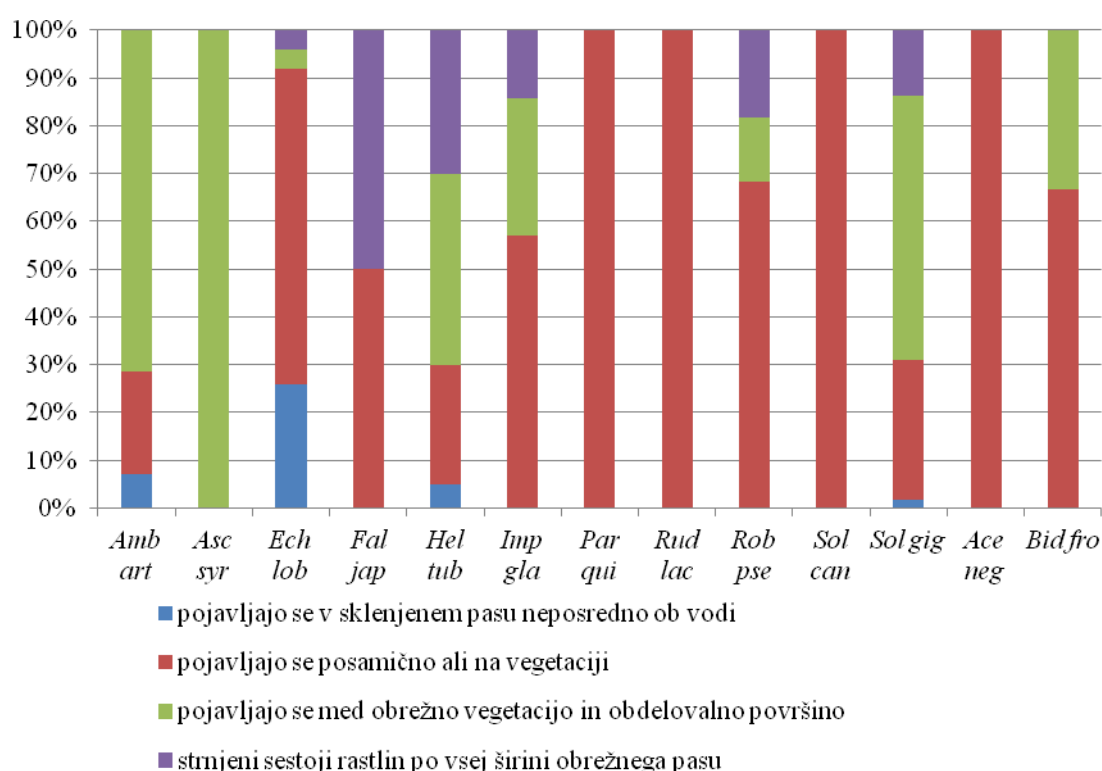
4.4.3 Vitalnost vrst



Slika 25: Vitalnost izbranih invazivnih tujerodnih vrst
Figure 25: Vitality of selected invasive alien species

Invazivne tujerodne rastlinske vrste so bile v obrežnem pasu večinoma v zelo dobrem stanju (slika 25). Vrste *Ambosia artemisifolia*, *Helianthus tuberosus*, *Bidens frondosa*, *Impatiens glandulifera* in *Solidago gigantea* smo na nekaterih odsekih v srednjem delu našli v propadajočem stanju, kar je najbrž posledica neurja, nekaj dni pred popisom.

4.4.4 Pojavnost posamezne invazivne tujerodne vrste glede na pregledan del obrežnega pasu



Slika 26: Pojavnost posamezne invazivne tujerodne vrste glede na pregledan del obrežnega pasu

Figure 26: Occurrence of individual invasive alien species in regards to examined part of riparian zone

Diagram (slika 26) predstavlja dodatno informacijo o položaju vrste v obrežnem pasu. Vrste *Parthenocissus quinquefolia*, *Rudbeckia laciniata* in *Acer negundo* so se pojavljale v obrežnem pasu reke Sotle posamično ali so preraščale druge rastline, kar velja za navadno viniko (slika 26). Na odseku, kjer smo našli sirsko svilnico, so se primerki te vrste nahajali med obrežno vegetacijo in obdelovalno površino, ob poljski poti. Prav tako se je večinoma v tem delu obrežnega pasu pojavljala pelinolistna ambrozija. Oljna bučka se je pojavljala večinoma posamično kot vzpenjalka na drugih rastlinah, na trinajstih odsekih smo jo našli

na rastlinah neposredno ob vodi. Topinambur in orjaška zlata rozga sta se večinoma pojavljali med obrežno vegetacijo in obdelovalno površino, na nekaterih odsekih posamično ali pa kot strnjeni sestoji rastlin po vsej širini obrežnega pasu. Navadna robinja se je večinoma pojavljala posamično med vegetacijo, na štirih odsekih pa po vsej širini obrežnega pasu. Črnoplodni mrkač se je na dveh odsekih pojavljal posamično med vegetacijo, na enem odseku pa med obrežno vegetacijo in obdelovalno površino.

4.5 KANONIČNA KORESPONDENČNA ANALIZA

Spremenljivka, ki pojasnjuje največji delež variabilnosti združbe izbranih invazivnih tujerodnih vrst, je višina obrežne vegetacije (4,65 %) (preglednica 2). Na drugem mestu je spremenljivka spremembe rečne struge (3,98 %), sledi globina vodnega toka (3,54 %), na četrtem mestu je raba tal v zaledju (2,66 %, pri $P \leq 0,05$). S prvimi štirimi spremenljivkami okolja statistično značilno pojasnimo 14,83 % variance pojavljanja taksonov ($P \leq 0,05$, preglednica 3).

Preglednica 2: Izbrane spremenljivke okolja, variance matrike taksonov, ki jih pojasnjujejo spremenljivke okolja in njihova statistična značilnost (P) ter kumulativna pojasnjena varianca matrike taksonov z izbranimi spremenljivkami okolja

Table 2: Selected environmental variables, variances of the taxa matrix explained by them, statistical significance (P), and cumulative variances of the taxa matrix explained by selected environmental variables

Okoljska spremenljivka	Pojasnjena varianca (%)	P	Kumulativna pojasnjena varianca (%)
Višina obrežne vegetacije	4,65	0,002	4,65
Spremembe rečne struge	3,98	0,006	8,63
Globina rečne struge	3,54	0,004	12,17
Raba tal v zaledju	2,66	0,032	14,83
Širina obrežne vegetacije	0,89	0,238	15,71
Spodjedanje rečnega brega	1,33	0,288	17,04
Sklenjenost obrežne vegetacije	1,33	0,3	18,37
Brzice, tolmini in meandri	1,33	0,302	19,70
Prisotnost invazivnih rastl. v obr. pasu	1,33	0,306	21,02
Pojavnost invazivnih vrst glede na del obr. pasu	1,33	0,324	22,35
Struktura bregov	1,11	0,404	23,46
Posegi v rečni breg	0,89	0,446	24,35
Raba tal, neposredno za vegetacijo	0,89	0,462	25,23
Obrežna vegetacija	1,11	0,534	26,34
Vodna vegetacija	0,44	0,82	26,78
Hitrost vodnega toka	0,44	0,944	27,22

Od vseh 17 parametrov, ki smo jih upoštevali pri kanonični korespondenčni analizi, se jih je 13 pokazalo kot statistično neznačilnih ($P \geq 0,1$), zato jih v predstavljenih diagramih (slika 24 in 25) nismo prikazali. Spremenljivke, predstavljene v diagramu, so: višina

obrežne vegetacije (Vis_veg), globina rečne struge (Glob), raba tal v zaledju (Raba_z), spremembe rečne struge (Spr_str) pri $P \leq 0,05$.

Lastna vrednost ordinacijske osi predstavlja maksimalno ločenost ekoloških niš taksonov. Največjo lastno vrednost in najmočnejšo smer gradienta ima prva kanonična os (0,418). S prvo osjo smo statistično značilno pojasnili 9,2 % variance taksonov. Lastne vrednosti naslednjih kanoničnih osi so manjše, kar pomeni šibkejši gradient in manjši odstotek pojasnjene variance s posamezno osjo. Z drugo smo tako pojasnili 6,1 % variance taksonov (s prvo in drugo skupaj 15,3 %).

Skupno smo z vsemi štirimi osmi pojasnili 23 % celotne variance matrike taksonov (preglednica 3). S prvo osjo smo statistično pojasnili 31 % variance relacije takson – okolje in z drugo 20,2 % variance relacije takson – okolje (z obema skupaj 51,2 %).

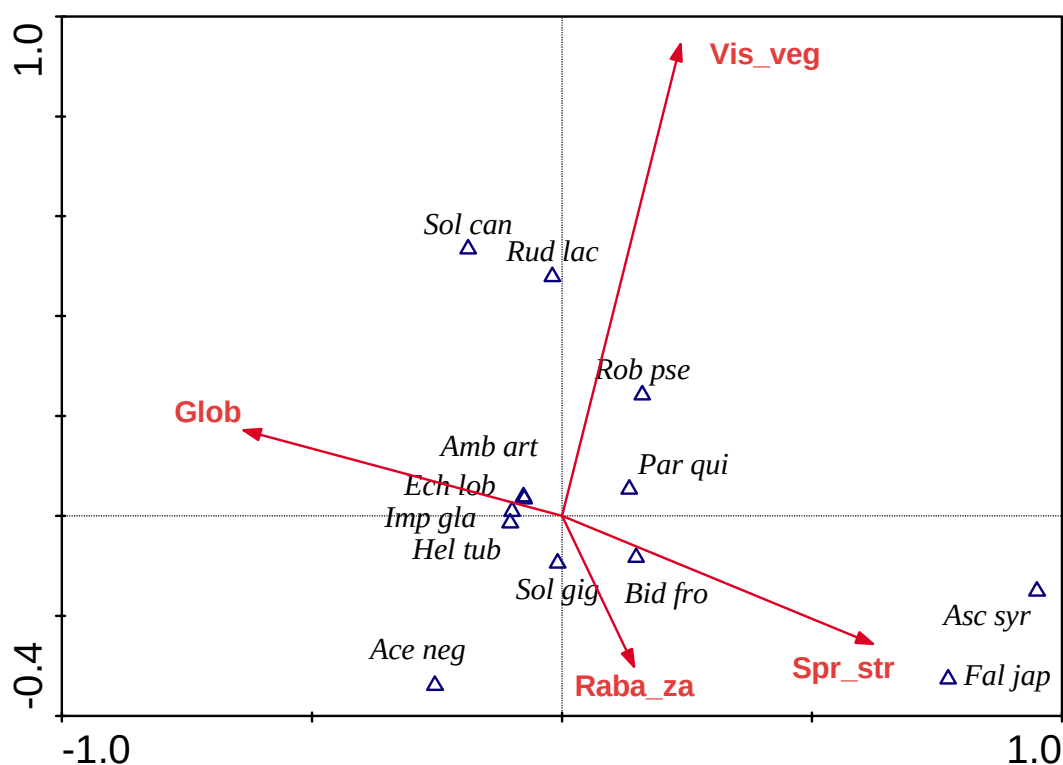
Preglednica 3: Lastne vrednosti in kumulativni odstotek pojasnjene variance prvih štirih kanoničnih osi ter korelacijski koeficienti med prvimi štirimi kanoničnimi osmi

Table 3: Eigenvalues and cumulative percentage of explained variance of first four canonical axes and correlation coefficients of first four canonical axes

KANONIČNA OS	1	2	3	4	Skupna variabilnost
Lastne vrednosti	0.418	0.273	0.183	0.166	4.517
Korelacijski koeficient takson – okoljske spremenljivke	0.717	0.640	0.587	0.555	
Kumulativni pojasnjeni odstotek variance taksona	9.2	15.3	19.3	23.0	
Kumulativni pojasnjeni odstotek variance relacije takson – okolje	31.0	51.2	64.8	77.1	

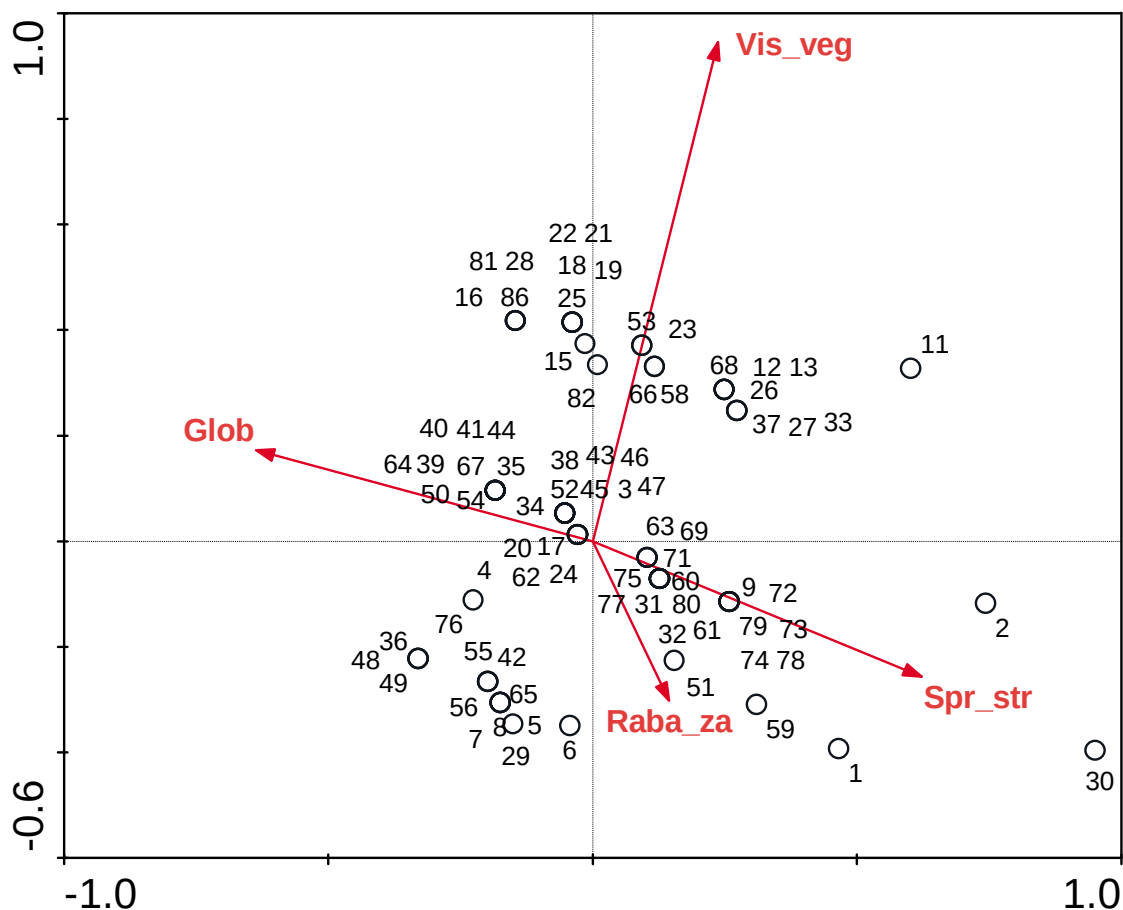
Da bi dosegli večjo preglednost, smo povezave med okoljskimi dejavniki in pojavnostjo določenih vrst invazivnih tujerodnih rastlin ter povezavo med okoljskimi dejavniki in posameznimi vzorčnimi mesti prikazali ločeno v dveh diagramih. Na ordinacijskem diagramu (slika 27) so prikazani izbrani dejavniki okolja, ki vplivajo na pojavljanje določenega taksona invazivnih vrst v obrežnem pasu reke Sotle. Hkrati je velikost njihovih vplivov primerljiva z dolžino vektorja. Daljši kot je vektor, krajši je razpon dejavnikov. Če je kot med vektorji oster, to pomeni, da je korelacija med spremenljivkami pozitivna.

Točke vrst na ordinacijskem diagramu ponazarjajo optimume razporejanja vrst. Vrste, ki so bližje sredini diagrama, so glede na okoljske dejavnike evrivalentne oziroma jim ustrezajo srednje vrednosti merjenih okoljskih dejavnikov. Iz grafa je razvidno, da višina obrežne vegetacije vpliva na pojavnost orjaške zlate rozge. Vrsta bolje uspeva tam, kjer velikost obrežne vegetacije ne presega 2,5 m, medtem ko robiniji ustreza višina vegetacije do 4 m. Vrste *Echinocystis lobata*, *Helianthus tuberosus* in *Impatiens glandulifera* imajo zelo podobne zahteve glede okoljskih dejavnikov. Navedene vrste uspevajo bolje tam, kjer je globina vodnega toka 30–100 cm. Za nekatere vrste, kot so *Rudbeckia laciniata*, *Acer negundo*, *Solidago canadensis*, *Asclepias syriaca* in *Fallopia japonica*, ne moremo zagotovo reči, kateri okoljski dejavniki jim najbolj ustrezajo, saj smo jih našli le na enem ali dveh odsekih. Ambrozija se je sicer pogosto pojavljala skupaj z zgoraj navedenimi vrstami, vendar pa ima glede okoljskih dejavnikov drugačne zahteve.



Slika 27: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja (puščice) in vrstami invazivnih tujerodnih rastlin (trikotniki)
Figure 27: Ordination diagram with selected environmental variables (arrows) and invasive alien plant species (triangles)

Na ordinacijskem diagramu (slika 28) so prikazani izbrani dejavniki okolja ter vzorčna mesta v obrežnem pasu reke Sotle. Vzorčna mesta, ki so v diagramu bližje, so si po navedenih dejavnikih okolja ob vektorjih bolj podobna. Vzorčna mesta, ki so v ordinacijskem diagramu daleč narazen, so si po navedenih dejavnikih okolja bolj različna. Odseki, ki se v navedenih dejavnikih ne razlikujejo, imajo na diagramu isto točko.



Slika 28: Ordinacijski diagram z izbranimi dejavniki okolja (puščice) in vzorčnimi mesti (točke)
Figure 28: Ordination diagram with selected environmental variables (arrows) and individual sites (points)

Legenda okrajšav:

- višina obrežne vegetacije (Vis_veg),
- globina rečne struge (Glob),
- raba tal v zaledju (Raba_za),
- spremembe rečne struge (Spr_str).

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

5.1.1 Vpliv razmer v obrežnem pasu na pojavljanje in pogostost invazivk (poglavje 2.3.)

S spremenljivko **višina obrežne vegetacije** smo pojasnili največji delež variance pojavljanja izbranih invazivnih tujerodnih vrst (4,65%, pri $P \leq 0,05$). Eden izmed dejavnikov, ki povečuje možnost naselitve invazivnih tujerodnih rastlin, je dostopnost svetlobe (Foster in sod., 2002). Na odsekih, kjer so prisotne nizkorasle rastline z grmičevjem do višine 2,5 m, je količina svetlobe večja, kot na odsekih, kjer prevladuje gozdna vegetacija z drevesi nad 4 m višine. Drevesne vrste zastirajo svetlobo, ki bi sicer dosegla spodnje plasti in tako onemogočijo številnim rastlinam rast v senci (Schnitzler, 2007). Kjer obrežna vegetacija ne presega višine 2,5 m, lahko govorimo o zgodnji sukcesijski stopnji združbe, kjer so od grmovnih vrst prevladovale vrbe (*Salix* spp.). Schnitzler s sodelavci je leta 2007 objavil, da so zgodnje sukcesijske stopnje rastlinskih združb evropskih obrežnih gozdov bolj občutljive na invazijo rastlinskih vrst kot pozne. Krošnje teh združb so običajno bolj odprte, tako lahko svetloba doseže tla in omogoči invazivnim tujerodnim vrstam uspešno naselitev (Schnitzler, 1994, 1995 b). Obenem pa invazivnim tujerodnim vrstam v teh združbah omogočajo uspešnejšo naselitev tudi pogoste poplave, s katerimi se uspešno prenašajo semena na gola tla (Schnitzler, 2005). Orjaška zlata rozga ob reki Sotli bolje uspeva tam, kjer višina obrežne vegetacije ne presega 4 m oz. kjer prevladuje vegetacija nižje rastočih grmovnih vrst v kombinaciji z zeliščno vegetacijo. Ta vrsta je v literaturi opisana kot zelo zahtevna glede količine svetlobe (Weber in Jacobs, 2005), vendar pa jo najdemo tudi v senčnih območjih na robovih gozdov ali celo v gozdu. Tudi mi smo našli to vrsto v gozdu na 86. odseku, vendar v zelo majhnem številu. Podobno bi glede višine obrežne vegetacije trdili tudi za vrste *Helianthus tuberosus*, *Echinocystis lobata*, *Ambrosia artemisiifolia* in *Impatiens glandulifera*, saj se tudi te pojavljajo na odsekih, kjer obrežna vegetacija ne presega 4 m v višino. Pyšek in Richardson (2007) sta v svojem članku objavila značilnosti, ki so povezane z invazivnostjo rastlin. Našla sta kar 15 študij, katerih izsledki kažejo na to, da imajo invazivne tujerodne

rastlinske vrste večjo fotosintezno zmogljivost kot avtohtone, kar še dodatno pospešuje njihovo invazivnost. S fotosintezo povezane značilnosti, ki povečujejo njihovo uspešnost pa so med drugimi tudi boljša zmogljivost uporabe virov (vode, dušika in fosforja), večja specifična listna površina in hitrejša rast.



Slika 29: 50. odsek ob reki Sotli, kjer je večina lesne in grmovne vegetacije zaradi lažjega dostopa odstranjena

Figure 29: Site No. 50 along river Sotla, in which most of woody vegetation was removed, because of easier access

S spremenljivko *spremembe rečne struge* smo pojasnili 3,98 % variance pojavljanja taksonov (pri $P \leq 0,05$). Regulacije rečne struge vplivajo na naselitev invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst (Stromberg, 2007; Zavaleta 2001). Oblika struge bi morala biti po mnenju Petersena (1992) zadostna za trenutne in največje letne pretoke. Struga bi morala zadržati največji letni pretok in poplavljanje bregov naj bi se pojavilo v povprečju le na leto in pol. Ker je zelo težko predvideti, kako vplivajo letni pretoki na strugo, je Pfankuch (1975, cit. po Petersen, 1992) predlagal razmerje med širino in globino rečnega kanala. Oblika struge reke Sotle je po večini zadostna za sedanje in letne pretoke. Razmerje med širino in globino je manjše od 7. Kjer je struga spremenjena, je pojavnost štirih vrst invazivk večja. To so vrste *Helianthus tuberosus*, *Echinocystis lobata*, *Ambrosia artemisiifolia* in *Impatiens glandulifera*. Mnoge invazivne tujerodne rastline izkoriščajo priložnosti, ki jih ponujajo poplave ali človekovi posegi v rečno strugo. Reka prenaša s seboj semena, ki po poplavih ostanejo na rečnih bregovih, kjer je vegetacija zelo nagnjena k invaziji tujerodnih vrst (Planty-Tabacchi, 1996, Richardson in sod., 2007). Od tu se potem lahko invazivne tujerodne vrste širijo v zaledje. Obrežni pasovi rek na Češkem in v Avstriji so izredno podvrženi invaziji vrst *Impatiens glandulifera*, *Helianthus tuberosus*, *Fallopia japonica* in

Solidago canadensis (Hajzerlova in Matejček, 2011; Walter in sod., 2005). Strokovnjaki na Češkem so ugotovili, da žlezasta nedotika razširja svoja semen predvsem s pomočjo vodotokov (Hajzerlova in Matejček, 2011).

S spremenljivko **globina vode** smo statistično pojasnili 3,54% variance pojavljanja taksonov ($P \leq 0,05$). Globino vode lahko povežemo z vsebnostjo vode v tleh oz. v hiporeični coni. Hiporeična cona je prehod med vodo v strugi in podtalno vodo. V hiporeiku prihaja do vstopanja površinske vode v medzrnske prostore pod strugo in bočno od nje, hkrati pa prehaja podtalnica v rečni sistem. Hiporeik se razteza pod rečno strugo in ob njej vzdolž večjega dela toka reke (Gaberščik, 1996).

Na obseg hiporeične cone in izmenjavo snovi med rečnim kanalom in podtalnico vplivajo številni dejavniki: gibanje vode, prepustnost in velikost substrata, tam živeči organizmi in geomorfološke značilnosti samega vodotoka, kot so naklon, širina, globina vodotoka in ostalo (Harvey in sod., 1996; Brunke in Gonser, 1997). Voda hiporeične cone pa je posredno povezana z vodo obrežne cone preko parafluvialne cone (Boulton in sod., 1998). V predelih s položnim bregom velja, da je tudi dostopnost vode iz hiporeične cone večja, če je globina vode večja. Na odsekih, kjer je globina vode 30- 100 cm je pojavnost štirih vrst invazivk večja (*Helianthus tuberosus*, *Echinocystis lobata* in *Impatiens glandulifera*). Vrste *Helianthus tuberosus*, *Echinocystis lobata* in *Impatiens glandulifera* bolje uspevajo na rastiščih z visoko vsebnostjo vlage (Bačič, 2008; Marić, 2012; Hejda, 2006), kar velja tudi za njihovo pojavljanje v obrežnem pasu reke Sotle. Tudi ambrozija se pojavlja skupaj z navedenimi vrstami, vendar se je za razliko od njih ta vrsta v večini primerov (71%) pojavljala v pasu med obdelovalnimi površinami in obrežnim pasom, ob njivskih poteh. Vrsta se pogosto pojavlja ob cestiščih, na brežinah rek, opuščenih obdelovalnih površinah. Dobro uspeva na tleh, bogatih s hranili, kar tudi poveča proizvodnjo semen, in je zelo odporna na sušo (Bretagnolle in Chauvel, 2006).

S spremenljivko **raba tal v zaledju** smo statistično razložili 2,66% variance pojavljanja vrst (pri $P \leq 0,05$). Sotla je tipičen primer nižinske reke, ki teče skozi kmetijsko usmerjeno pokrajino. Večji del zaledja reke Sotle predstavljajo njive in gojeni travniki. Vzdolž struge se pojavljajo številne manjše vasi in ne preveč prometne vaške poti. V zgornjem delu Sotle

je bilo večje onesnaženje opazno v večjih krajih, v Rogatcu, kjer je struga regulirana, dodatno pa k slabem stanju prispeva tudi industrija in kanalizacija. Občini Rogaška Slatina in Podčetrtek sta turistično naravnani in večji pritisk na okolje je tudi zaradi obiskovalcev. Obe občini imata sicer urejeno čiščenje komunalnih odpadkov, vendar je zaradi premajhne kapacitete čistilnih naprav čiščenje nezadostno. Prav tako je vzdolž celotne struge kar nekaj izpustov gnojnice, prisotni so drenažni kanali kot del hidromelioracijskega sistema, k onesnaženju pa verjetno dodatno prispeva tudi pranje prikolic pri gnojenju ali škropljenju njiv. Kmetijska raba zemljišč je eden izmed dejavnikov pritiska na vodne vire, ki je večji v srednjem kot v zgornjem delu porečja Sotle. Dodatni negativni vpliv na vodne vire in degradacijo tal pa predstavljajo pozidane površine, ki jih je v porečju Sotle največ na območju občin Rogaška Slatina in Šmarje pri Jelšah (Prah, 2007). Ker so tla zaradi kmetijske dejavnosti verjetno obogatena s hranili, to najbrž še dodatno prispeva k naselitvi invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst. Madžarski strokovnjaki so ugotovili, da je največje število invazivnih tujerodnih vrst najdeno ravno v vlažnih habitatih, kot so poplavne ravnice, galerijski gozdovi, barja in močvirja, v katere je posegel človek s svojimi aktivnostmi. Število invazivnih tujerodnih vrst je veliko tudi v ruderalnih in močno degradiranih območjih (Török in sod., 2003). Hill (1977) je ugotovil, da so orna zemljišča tudi pomembno izhodišče za širjenje invazivnih tujerodnih rastlin, ker je večkrat vnos tujerodnih vrst posledica kmetijske prakse (Török in sod., 2003). Ferreira in Moreira (1995) sta ugotovila, da je velika invazivnost rastlin v obrežnem pasu osrednje Portugalske posledica kmetijskih posegov. Tudi avstrijski strokovnjaki so ugotovili, da se večina tujerodnih rastlin (90 %) pojavlja v ruderalnih, urbanih, kmetijskih in obrežnih območjih, kjer so prisotne naravne ali antropogene motnje (Rabitsch in Essl, 2006). Nekatere raziskave so pokazale, da je pokritost z invazivnimi tujerodnimi rastlinskimi vrstami večja na tleh, bogatih s hranili (Lake in Leishman, 2004). Te vrste so bolj sposobne asimilirati hranila kot avtohtone (Baruch in Goldstein, 1999; Dassonville in sod., 2008; Pyšek in Richardson, 2007).

V primeru, da se pojavljajo prekinitve obrežne vegetacije, ki so posledica kmetijske rabe tal, predstavljajo ta mesta nov prostor, kamor se lahko naselijo invazivne tujerodne rastlinske vrste. Naselitev je odvisna tudi od širine obrežnega pasu. Širše je območje obrežnega pasu, bolj verjetno bo vegetacija sklenjena. Raba tal v zaledju vpliva na širino

obrežnega pasu. Kjer zaledje predstavljajo urbane površine ali kmetijska zemljišča, je širina vegetacije obrežnega pasu zagotovo manjša, kot pa če je zaledje poraslo z gozdom. Z vidika ohranjanja naravnega ravnovesja in zadrževanja hranil predlaga Petersen (1992), da bi bila širina vegetacije obrežnega pasu na manjših vodotokih 30 metrov. Širši obrežni pas služi kot habitat za živali, vzdržuje veliko pestrost rastlin, zadržuje sedimente in hranila, ki pridejo iz višje ležečih predelov pokrajine. Po Petersenu je 10 m spodnja meja, kolikor bi moral biti obrežni pas širok za ustrezno senčenje in stabilizacijo rečnih bregov. Vemo pa, da na veliko območjih Evrope ta ne presega 1 m širine, večinoma pa se sestoji pretežno iz zelnatih rastlin, predvsem trav (Petersen, 1992). To smo ugotovili tudi ob reki Sotli, saj obrežni pas redko presega 5 m širine.

Ne glede na to kateri posegi se izvajajo, bodisi v obrežni vegetaciji ali v sami strugi, to pomeni priložnost za naselitev invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v obrežnem pasu reke (Planty-Tabacchi in sod., 1996).

5.1.2 Zgradba obrežnega pasu (poglavje 2.1.)

Po Petersenu (1992) je najbolj pomemben parameter RCE za ocenitev stanja vodotoka raba tal v zaledju, ki vpliva na fizično stanje vodotoka, sestavo obrežne vegetacije in morfologijo rečnega kanala. Seveda je vpliv na stanje vodotoka odvisen tudi od vrste kmetijske dejavnosti in ostalih pritiskov na krajino. Slabšo kakovost smo zabeležili v srednjem toku, kar je ravno posledica sprememb v zaledju. To ima lahko zelo velik vpliv na obrežno vegetacijo, saj smo v teh odsekih našli tudi največ invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst, tu so bile tudi najbolj zastopane glede na ostalo obrežno vegetacijo.

Vegetacija obrežnega pasu, znotraj 10-metrskega pasu ob strugi, bi morala biti sestavljena iz nepionirskih, avtohtonih vrst. Ta lastnost določa sukcesijsko stopnjo obrežnega pasu, zato največje število točk dodeli mestom, kjer prevladuje klimaksna obrežna združba. Najbolj pogoste pionirske rastline v obrežnih pasovih Evrope so črna jelša (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) in vrbe (*Salix* spp.) (Petersen, 1992). Na končnih odsekih (82–86) je izvorna obrežna vegetacija ohranjena, tu večinoma prevladujejo nepionirska drevesa in grmovja,

vendar pa smo tudi tu opazili nekaj invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst na mestih, kjer je bil del drevesnih in grmovnih vrst odstranjen. Večinoma so se pojavljale izven popisnih odsekov, med njimi tudi enoletna suholetnica (*Erigeron annuus* L.), ki je sicer nismo popisovali. Naši rezultati sovpadajo z ugotovitvami čeških strokovnjakov, ki so ugotovili, da je število invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v obrežnem pasu reke Ticha Orlice večje na ruderalnih mestih in manjše na mestih, kjer je prevladovala gozdna vegetacija (Hajzerlova in Matejček, 2011).

Motnje v vegetaciji, sestavi tal ali naselitvi invazivnih tujerodnih vrst povečajo možnost za nadaljnjo invazijo (Bagi, 1999 cit. po Török in sod., 2003). Kljub različnim vzorcem motenj lahko habitatne tipe razvrstimo glede na to, kako občutljivi so na invazijo, na podlagi števila, pogostosti pojavljanja in gostote samih invazivnih tujerodnih vrst. Török in sod. (2003) navajajo, da so poplavne ravnice, galerijski gozdovi in mokrišča izredno občutljivi habitatni tipi, kjer se pojavljajo invazivne tujerodne vrste, kot so *Aster* spp., *Fallopia* spp., *Helianthus tuberosus*, *Impatiens glandulifera*, *Parthenocissus inserta*, *Solidago gigantea*, *Acer negundo*, *Echynocystis lobata*, *Rudbeckia laciniata* in druge. Večina teh invazivnih tujerodnih vrst je transformerjev oz. preoblikovalcev. Tudi v Avstriji so gozdovi poplavnih ravnin in obrežni pasovi ob rekah močno prizadeti z invazivnimi tujerodnimi rastlinskimi vrstami. Posebno problematične vrste v Avstriji so *Acer negundo*, *Fraxinus pennsylvanica*, *Helianthus tuberosus*, *Solidago gigantea*, *Impatiens glandulifera*, *Echynocystis lobata*, kar je zelo podobno stanje kot v Sloveniji. Madžarski strokovnjaki so mnenja, da Madžarska zaradi svojega geografskega položaja (biogeografsko območje med listnatim gozdom in stepo v Karpatski kotlini) deluje kot iztočnica za invazijo rastlinskih vrst v preostalo srednjo in vzhodno Evropo (Török in sod., 2003).

Tiste invazivne tujerodne vrste, ki so bile v naši raziskavi najbolj številne, se večinoma pojavljajo med obrežno vegetacijo in obdelovalno površino. Na meji teh dveh habitatov je seveda veliko svetlobe, kar omogoča invazivnim vrstam bolj uspešno rast.

5.1.3 Invazivne tujerodne rastlinske vrste ob Sotli (poglavje 2.2.)

Solidago canadensis in *Solidago gigantea*- kanadska in orjaška zlata rozga

Orjaška zlata rozga je v Sloveniji bolj razširjena kot kanadska zlata rozga (Jogan, 2001), kar velja tudi za obrežni pas reke Sotle. Namreč, kanadsko zlato rozgo smo našli na prvem popisu leta 2008 le na dveh odsekih (16. in 46.). Ne izključujemo pa možnosti, da smo na kateri od lokacij zamenjali vrsti oz., da sta bili v posameznih sestojih prisotni kar obe vrsti, kar smo pri samem popisu spregledali. Obe vrsti sta zelnati trajnici, ki imata trpežne korenike, ki prezimijo. Korenike služijo tudi vegetativnemu razmnoževanju, saj iz njih poganjajo novi in novi nadzemni poganjki. Tako ti vrsti tvorita obsežne in goste sestoje. S pomočjo korenik se širita tudi na daljše razdalje, saj lahko dele korenike prenaša voda na nova primerna mesta, kjer se hitro ukoreninijo in ustvarijo nov sestoj. Na daljše razdalje se vrsti širita s pomočjo semen.

Obe vrsti sta zelo nezahtevni glede tipa tal in dobro uspevata na rastiščih z zelo različnimi ekološkimi pogoji: vse od suhih do vlažnih tal, na bogatih in pustih rastiščih ... (Strgulc Krajšek, 2008). Orjaško zlato rozgo smo našli na različnih tipih tal, saj se je pojavljala vzdolž celotne struge reke Sotle.

Leta 2012 se je kanadska zlata rozga pojavila na vsaj eni novi lokaciji (22. odsek), skupaj z ostalimi vrstami, med njimi tudi z orjaško zlato rozgo, ki se je pojavila na vsaj treh novih lokacijah. Na 22. odseku, kjer sta se na novo pojavili obe vrsti, je bil viden človekov poseg v zgradbo obrežnega pasu. Leta 2008 so vegetacijo tega odseka obrežnega pasu sestavljale običajne obrežne vrste kot so vrbe (*Salix* spp.), črni bezeg (*Sambucus nigra* L.), dreni (*Cornus* spp.), robide (*Rubus* spp.) in ostale, leta 2012 je bil del teh rastlin vidno odstranjen. Iz tega lahko sklepamo, da sta ti dve vrsti, skupaj z ostalimi, izkoristili na novo ustvarjeno rastišče, od koder se lahko zopet dalje širita.

***Echinocystis lobata* – oljna bučka**

Ta vrsta je bila poleg orjaške zlate rozge najbolj pogosta ob reki Sotli, saj smo jo našli na 50 odsekih. Največja pokrovnost s to vrsto je bila v srednjem delu reke, na obrečnih tleh, kjer je v večjem obsegu prekrivala avtohtono vegetacijo. Po podatkih Centra za kartografijo flore in favne Slovenije iz leta 2001 ta vrsta še ni bila tako pogosta ob reki Sotli, danes pa prerašča vegetacijo na mnogih odsekih. Zaskrbljujoče je njeno širjenje v obrežnem pasu Sotle, saj smo v letu 2012, v primerjavi z letom 2008, odkrili kar pet novih lokacij (od 17 pregledanih), kjer se je pojavljala. Iz tega lahko sklepamo, da uspešno izkorišča prednosti razširjanja semen z vodo po toku navzdol. Od tu se seveda lahko širi vrsta tudi v zaledje.

***Helianthus tuberosus*- laška repa, topinambur**

Ob reki Sotli je bila ta vrsta zelo pogosta v srednjem toku reke, kjer so tla zaglejena glinasta in dobro zadržujejo vodo. V letu 2012 so se, glede na leto 2008, rastline te vrste ob Sotli pojavile na vsaj treh novih lokacijah, kar kaže na to, da bodisi reka deluje kot prenašalec podzemnih gomoljev na nove lokacije, ali pa to, da se rastlina zelo uspešno širi na kopnem z gomolji. Vrsta najbolje uspeva na sončnih (do polsenčnih) legah, na globokih in vlažnih tleh (Bačič, 2008), zato so tla ob reki Sotli še posebej primerna za uspevanje te vrste.



Slika 30: Propadajoče rastline topinamburja (*Helianthus tuberosus*) na 30. odseku
Figure 30: Decaying plants of topinambour (*Helianthus tuberosus*) on site No. 30

***Robinia pseudacacia* – navadna robinija**

Navadna robinija je naša najpogostejša invazivka, razširjena je po celi Sloveniji, tako smo jo našli leta 2008 na 22 odsekih ob reki Sotli. Pogosteje se je pojavljala v spodnjem delu, kjer prevladujejo obrečna tla. Leta 2012 se je pojavila na vsaj treh dodatnih lokacijah (14., 22. in 70. odsek). Na 22. odseku se je, skupaj z ostalimi invazivnimi tujerodnimi vrstami, pojavila na predelu, kjer so ljudje očitno odstranili del prvotne vegetacije. Na 70. odseku pa so se pojavile posamične mlade rastline med ostalimi invazivnimi tujerodnimi vrstami, ki so se bujno razrasle in predstavljajo večji del obrežne vegetacije v primerjavi z letom 2008. Robinija lahko s svojo sposobnostjo vezave dušika vpliva na pojavljanje vrst v obrežnem pasu in na kakovost vode v vodotoku.

***Impatiens glandulifera* - Žlezava nedotika**

Ob reki Sotli je žlezava nedotika pogosta v njenem srednjem delu, kjer so tla zaglejena glinasta in dobro zadržujejo vodo. Pogosto se pojavlja skupaj z ostalimi invazivkami kot so topinambur, orjaška zlata rozga in oljna bučka. Obrežni pasovi so še posebej podvrženi invazijam rastlinskih vrst zaradi pogostih motenj, ki jih povzročajo poplave. Vrsta je izredno tekmovalna in na območjih, kjer se naseli, zelo hitro izpodrine avtohtono vegetacijo (Hejda in Pyšek, 2006). Žlezava nedotika ima zelo rada vlažna in s hranili bogata tla (Hejda, 2006). V primerjavi z letom 2008 se je leta 2012 pojavila na vsaj sedmih novih lokacijah. To je zaskrbljujoč podatek, saj vemo, da se njena semena uspešno širijo tudi s pomočjo vodnega toka, kar pomeni, da se bo pojavila (če se še ni) tudi na ostalih lokacijah. V primeru, da se prekomerno razmnoži, na rečnih bregovih povzroča večjo erozijo zaradi svojega skromnega koreninskega sistema, ki ne more zadrževati prsti (Hejda, 2006).

***Ambrosia artemisiifolia*– pelinolistna žvrklja, ambrozija**

Ob reki Sotli se je ambrozija leta 2008 pojavljala v njenem srednjem toku na 15 odsekih, največkrat v majhnih skupinah med obrežno vegetacijo in obdelovalnimi površinami. Veliko smo je opazili tudi v zaledju, zlasti ob njivah in kmetijskih poteh. Leta 2012 smo jo

našli na vsaj šestih novih lokacijah, v primerjavi z letom 2008, vendar so bile rastline prisotne v manjšem številu. Glede na to, da je potrebno rastline iz tega rodu po zakonu odstranjevati, je možno, da so se leta 2008 uporabniki zemljišč na izbranih odsekih bolj držali odredbe in odstranjevali rastline, medtem ko se leta 2012 niso. Res pa je, da jih na dveh izbranih odsekih, kjer smo leta 2008 našli nekaj rastlin, leta 2012 ni bilo. Stanje obrežnega pasu se v teh štirih letih na teh lokacijah ni bistveno spremenilo, zato to najbrž ni vzrok, zakaj teh rastlin v letu 2012 ni bilo. Teh rastlin je bilo v letu 2008 zelo malo (manj kot 5 rastlin na posamezni lokaciji) zato je možno, da so lastniki zemljišč te rastline odstranili oz. jih redno odstranjujejo. Leta 2010 je namreč stopila v veljavo Odredba o ukrepih za zatiranje škodljivih rastlin iz rodu *Ambrosia* (Odredba ..., 2010).

***Parthenocissus quinquefolia* - navadna vinika**

Ob reki Sotli se je navadna vinika pojavljala zelo neenakomerno, na 14 odsekih (leta 2008), neodvisno od tipa tal, kar kaže na njeno toleranco glede tipa tal. Štiri leta kasneje (2012) smo odkrili eno novo lokacijo, zato lahko v prihodnosti pričakujemo, da se bo ob reki Sotli še bolj razrasla. Problematična je s tega vidika, da je njena rast zelo hitra in kaj kmalu preraste obstoječo vegetacijo, s svojimi listi pa zastira svetlobo, zato je z vidika tega lahko usodna za te rastline (King in Henson, 2005).

***Rudbeckia laciniata* - deljenolistna rudbekija**

Ob reki Sotli smo jo pri prvem popisu (2008) našli le na enem odseku (15.), pri drugem popisu (leta 2012) pa tudi na bližnjem odseku (14.), kjer je bil prisoten velik sestoje rastlin. Menimo, da bi bile rastline omenjene vrste, skupaj z ostalimi invazivnimi tujerodnimi vrstami, prisotne tudi leta 2008, če ne bi vaščani vasi Gregovce takrat pokosili tega dela obrežnega pasu z namenom lažjega dostopa kopalcev do vode. Leta 2012 ta del ni bil v celoti pokošen, zato je bila tudi pojavnost tujerodnih invazivnih vrst večja. Vrsta je težavna zaradi svojega razmnoževanja. Je namreč zelnata trajnica, ki prezimi z odebeljenimi koreniki, s katerimi se tudi vegetativno razmnožuje. Dele teh lahko, skupaj s prstjo, odnese voda in se tako razširi na nova rastišča. Razširja se tudi s plodovi, enosemenskimi rožkami, ki jih lahko na daljše razdalje odnese vodni tok (Frajman, 2008). Iz tega vidika je

ena izmed bolj problematičnih tujerodnih invazivnih vrst, zato bi bilo potrebno širitev te vrste ob reki Sotli še naprej spremljati.

***Fallopia japonica* – japonski dresnik**

V primerjavi z reko Savo in Savinjo, kjer prerašča bregove v zelo velikem obsegu, smo japonski dresnik našli le na dveh odsekih (leta 2008 in 2012). V literaturi sta kot glavna dejavnika razširjanja opisana prav voda (dele rastlin prenese voda na novo območje, kjer se pojavi nova skupina rastlin) ter človek, ki prenaša »okuženo« prst iz kraja v kraj (Pyšek, 2006). Na odsekih, kjer smo opazili rastline, je bilo razvidno, da jih nekdo sproti kosi. Vemo pa, da je ta invazivna vrsta zelo trdovratna, saj podzemne korenike, ki so zelo razrasle, lahko segajo več metrov stran od materinske rastline in tudi prezimijo (Child in sod., 2001). Če rastlino kosimo, iz njenih korenin na različnih mestih vsakič znova poženejo do nekaj decimetrov visoka stebela, ki običajno ne cvetijo (Frajman, 2008).



Slika 31: Manjši sesto japonskega dresnika (*Fallopia japonica*) na 1. odseku v vasi Rigonce, katerega vaščani redno kosijo

Figure 31: Smaller stand of japeese knotweed (*Fallopia japonica*) on site No. 1 in the vilage Rigonce that is regulary maintained (grass mowed)

Razširjenost japonskega dresnika v obrežnem pasu reke Sotle zaenkrat še ni problematična. Mislimo pa, da bi bilo potrebno budno spremljati razširjenost te vrste v obrežnem pasu zgornjega toka reke Sotle zaradi njenega izrednega invazivnega potenciala.

***Asclepias syriaca* - sirska svilnica**

Ob reki Sotli je zaenkrat redko zastopana vrsta, saj smo jo našli le na drugem odseku (leta 2008 in 2012) v zelo majhnem številu (do 20 osebkov), vendar bi bilo potrebno razširjenost te vrste spremljati, saj v državah bivše Jugoslavije in v nekaterih evropskih državah (Belgija) povzroča hude probleme. Namreč, vrsta uspeva na območjih z blagimi zimami (Stanković-Kalezić, 2008), glede na klimatske spremembe, ki smo jim priča v zadnjem času, pa bi lahko postala velik problem tudi v Sloveniji.

***Acer negundo* - amerikanski javor, *Bidens frondosa* - črnoplodni mrkač, *Spiraea japonica* - japonska medvejka, *Ailanthus altissima* - veliki pajesen**

V primerjavi z ostalimi obrežnimi pasovi slovenskih rek, kot npr. reke Save, so te vrste ob reki Sotli zaenkrat še neproblematične, saj smo posamezne rastline (do 5 osebkov) našli le na enem odseku. Te vrste bi bilo dobro v naslednji vegetacijski sezoni odstraniti, še posebno veliki pajesen, ker vemo, da ima škodljive posledice na zdravje ljudi. Potrebno pa bi bilo tudi budno spremljati stanje v bodoče, da se tudi te navedene vrste prekomerno ne razširijo.

Primerjava razširjenosti, pojavnosti in pogostosti izbranih invazivnih tujerodnih rastlin med letoma 2008 in 2012

Če primerjamo pojavnost invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst na izbranih popisnih odsekih leta 2008 in 2012, vidimo, da se pokrivnost z navedenimi vrstami sicer ni bistveno spremenila v teh štirih letih, je pa zaskrbljujoče večje število teh vrst na posameznih odsekih. V zadnjih štirih letih sta se pojavili celo dve novi vrsti v obrežnem pasu reke Sotle, veliki pajesen (*Ailanthus altissima*) in japonska medvejka (*Spiraea japonica*).

Če pogledamo robove cestišč ali se samo malo sprehodimo po okoliških njivah v rastnem obdobju pelinolistne ambrozije, bomo opazili, da se Odredbe o ukrepih za zatiranje škodljivih rastlin iz tega rodu drži zelo malo ljudi. Iz tega lahko povzamemo, da so kazni za neizvrševanje določb iz te odredbe prenizke ali pa, da inšpekcijska služba nezadostno

opravlja svoje delo na tem območju. Na tem mestu se nam poraja naslednje vprašanje; če že zakonsko ne moremo omejiti rasti škodljive invazivne tujerodne pelinolistne ambrozije, za katero vemo, da ima poleg velikega pajesna škodljive posledice na zdravje ljudi, kako bomo potem reševali še problematiko ostalih rastlin s seznama invazivnih tujerodnih rastlin, ki (zaenkrat še) nimajo ugotovljenih škodljivih neposrednih posledic za zdravje ljudi?

Nadzor državnih organov je slab tudi na področju posegov v vode, vodna in priobalna ter druga zemljišča. V 14. členu Zakona o vodah (Ur. l. RS 67/2002) je zapisano, da zunanja meja priobalnih zemljišč ¹ sega na vodah I. reda 15 metrov od meje vodnega zemljišča ², na vodah II. reda pa pet metrov od meje vodnega zemljišča, razen če vlada določi drugačno zunanjo mejo priobalnih zemljišč. V 5. členu istega zakona je zapisano, da je potrebno rabo in druge posege v vode, vodna in priobalna zemljišča ter zemljišča na varstvenih in ogroženih območjih ter kmetijska, gozdna in stavbna zemljišča programirati, načrtovati in izvajati tako, da se ne poslabšuje stanja voda, da se omogoča varstvo pred škodljivim delovanjem voda, da se ohranjajo naravni procesi, naravno ravnovesje vodnih in obvodnih ekosistemov, ter varstvo naravnih vrednot in območij, varovanih po predpisih o ohranjanju narave. Ob Sotli so vidni posegi v priobalna zemljišča, saj je ponekod odstranjena vsa drevesna in grmovna obrežna vegetacija, namesto njih pa se na teh odsekih uspešno širijo invazivne tujerodne rastlinske vrste.

Kaj lahko storimo, da bi bile razmere v obrežnem pasu reke Sotle (in ostalih rek) boljše?

Zakonsko bi bilo potrebno bolj natančno določiti, kateri so dovoljeni posegi in kakšna naj bo raba v obrežnih pasovih rek. Potrebno bi bilo jasno opredeliti, da je odstranitev obrežne vegetacije poseg v obrežni pas rek, ki lahko posledično poslabša kakovost vode, naravni procesi in ravnovesje se pri tem spremenijo, nenazadnje pa predstavlja tudi grožnjo ob škodljivem delovanjem voda, kot so poplave (Tabacchi in sod., 2000; Tabacchi in sod., 1998, Parkyn, 2000).

¹ Priobalno zemljišče je zemljišče, ki neposredno meji na vodno zemljišče.

² Vodno zemljišče je zemljišče na katerem je celinska voda trajno ali občasno prisotna in se zato oblikujejo posebne hidrološke, geomorfološke in biološke razmere, ki določajo vodni in obvodni ekosistem.

Po mnenju nekaterih strokovnjakov bi moral biti blažilni pas obrežne vegetacije širok vsaj 15 m, da je vpliv zaledja na vodotok čim manjši (Castelle, 1994;). Seveda je širina tega pasu odvisna tudi od oblike vodotoka in zaledja. Zakonsko bi bilo potrebno spremeniti širino blažilnega pasu obrežne vegetacije na vsaj 10 m za vodotoke II. reda, saj ta širina omogoča stabilnost avtohtone vegetacije (Parkyn, 2000).

Na kritične odseke (s popolnoma odstranjeno lesnato in močvirsko vegetacijo in veliko zastopanostjo invazivnih vrst) bi bilo potrebno ponovno zasaditi avtohtone vrste, da se vzpostavi boljše stanje (Richardson in sod., 2007; Clark, 2003).

Obstoječe odseke, ki imajo še ohranjeno prvotno vegetacijo, bi bilo potrebno spremljati in poskušati ohraniti v ugodnem stanju (Richardson in sod., 2007).

Obrežne pasove, kjer se invazivne tujerodne rastlinske vrste pojavljajo v manjšem obsegu oz. so se pred nedavnim razrasle v večjem obsegu, je možno povrniti v stanje, kakršno je bilo pred invazijo, samo z odstranitvijo teh rastlin (Holmes in Richardson, 1999). V nekaterih državah, kot npr. v Veliki Britaniji, so lastniki zemljišč ob rekah po zakonu dolžni odstranjevati japonski dresnik (Living on the ..., 2012). Tudi v Sloveniji bi bilo potrebno sprejeti podobne ukrepe, ne samo za to vrsto, pač pa tudi za druge, da bi se stanje ob rekah in drugih območjih lahko izboljšalo, vendar bi bilo pri tem potrebno dosledno in natančno delovanje odgovornih institucij.

5.2 SKLEPI

- V večini popisanih odsekov reke Sotle smo zabeležili dobro okoljsko stanje. Slabše stanje smo zabeležili na nekaterih odsekih v srednjem in spodnjem toku, kar je v večini posledica rabe tal v zaledju in širine obrežne vegetacije. Večji del zaledja reke Sotle predstavljajo njive in gojeni travniki in urbana naselja (52%), industrija je prisotna le v zgornjem toku reke. Nekaj posameznih odsekov (4,6 %) je bilo v zelo ugodnem (neokrnjenem) stanju. Tako lahko prvo hipotezo, v kateri smo predvideli, da je obrežni pas Sotle večinoma močno spremenjen, delno potrdimo, glede na to, da je splošna ocena okoljskega stanja dobra in vzdolž reke ni bilo opazne večje degradacije okolja, kot ob nekaterih ostalih slovenskih rekah (Sava, Savinja).
- Drugo hipotezo, kjer smo predpostavili, da je obrežni pas reke Sotle močno naseljen z invazivnimi tujerodnimi rastlinskimi vrstami, lahko sprejmemo, saj so bili le redki odseki, kjer invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst nismo našli. Od 86 preučenih odsekov na 6 odsekih nismo našli invazivnih rastlinskih vrst.
- S kanonično korespondenčno analizo smo ugotovili, da varianco pojavljanja invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst delno pojasnimo z višino obrežne vegetacije, globino vode, spremembo rečne struge in rabo tal v zaledju. Tako smo delno potrdili tretjo hipotezo, v kateri smo predpostavili, da je večja pojavnost invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst na predelih intenzivne kmetijske rabe zemljišč in vesplošne degradacije obrežnega pasu (nedavni posek, spremembe rečne struge, gradnja infrastrukture).
- Posamezne invazivne tujerodne vrste so se pojavljale tudi na odsekih, kjer je izvorni obrežni pas dobro ohranjen, vendar je zaenkrat njihova številčnost zelo majhna. Blizu teh odsekov smo na mestih, ki sicer niso bila v popisnem območju, opazili tudi večje sestoje teh rastlin. Četrto hipotezo zato lahko potrdimo.
- Vrstna sestava in pogostost pojavljanja invazivnih tujerodnih vrst se je po toku navzol spreminjala, zato lahko peto hipotezo sprejmemo. V zgornjem toku smo leta 2012 našli veliki pajesen, ki ga v srednjem in spodnjem toku pri popisu leta 2008 in 2012 ni bilo. V srednjem toku smo pri popisu leta 2008 našli črnoplodni mrkač in

amerikanski javor, pri drugem popisu leta 2012 pa še japonsko medvejko Vrsta, ki smo jih našli v spodnjem toku (*Asclepias syriaca*, *Fallopia japonica*, *Rudbeckia laciniata*), v srednjem in zgornjem toku ni bilo.

6 POVZETEK (SUMMARY)

6.1 POVZETEK

Z raziskavo smo želeli ugotoviti, kakšno je pojavljanje, razporeditev in pogostost invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v obrežnem pasu desnega brega reke Sotle. Iskali smo povezave med okoljskimi dejavniki in pojavljanjem tujerodnih invazivnih vrst. V rastni sezoni leta 2008 smo vzdolž vodotoka ocenili stanje obrežnega pasu in zaledja, popisali tujerodne invazivne rastlinske vrste ter določili njihovo fenološko fazo, sociološko oceno in njihovo pojavljanje glede na del obrežnega pasu. Popis pojavnosti in pogostosti smo leta 2012 ponovili na 17 naključno izbranih odsekih.

Vodotok je dolg približno 91 km in na vsakem kilometru smo popisali odsek dolžine 100 m. Skupno smo popisali 86 odsekov od izliva do izvira reke Sotle. Za vsak odsek smo izpolnili popisni list, ki je bil sestavljen iz dveh delov. Prvi del se je nanašal na širšo okoljsko oceno odseka in je zasnovan po Petersenovi (1992) prirejeni metodi RCE (Riparian, Channel and Environmental Inventory), drugi del pa se je nanašal na tujerodne invazivne rastlinske vrste, ki smo jih našli na posameznem odseku. Popisali smo 13 invazivnih tujerodnih vrst. Pogostost invazivnih tujerodnih vrst smo določili s petstopenjsko lestvico (1–5). Značilnosti in širšo okoljsko oceno odseka kot tudi pojavljanje in pogostost invazivnih tujerodnih vrst smo prikazali s pomočjo programa MS Excel 2007, povezavo med okoljskimi dejavniki in pojavnostjo vrst pa smo prikazali s pomočjo programa CANOCO 4.5.

V večini popisanih odsekov reke Sotle smo zabeležili dobro okoljsko stanje. Slabše stanje smo zabeležili na nekaterih odsekih v srednjem in spodnjem toku, kar je v večini posledica rabe tal v zaledju in širine obrežne vegetacije. Posamezni odseki vzdolž struge in zadnjih pet odsekov proti izviru so bili v zelo ugodnem stanju, na teh odsekih prevladuje gozdna vegetacija in posegi v strugo in obrežno vegetacijo so minimalni.

Reka Sotla je počasi tekoča reka s spremenljivo globino vode. Rabo zemljišča neposredno za obrežno vegetacijo predstavljajo kmetijske in urbane površine. Večino vegetacije

obrežnega pasu predstavljajo nižje rastoča drevesa in grmičevje (do 4 m). Na večini odsekov smo našli invazivne tujerodne rastline, ki se večinoma pojavljajo posamično med/na vegetaciji.

Najbolj pogoste tujerodne invazivne vrste so bile: oljna bučka (*Echinocystis lobata*), orjaška zlata rozga (*Solidago gigantea*), navadna robinija (*Robinia pseudacacia*), topinambur (*Helianthus tuberosus*) in žlezava nedotika (*Impatiens glandulifera*). Pojavnost vrst je večja v srednjem in spodnjem toku reke Sotle. Leta 2012 se je, v primerjavi z letom 2008, številčno stanje invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst na izbranih odsekih povečalo, našli smo celo dve novi vrsti, japonsko medvejko (*Spiraea japonica*) in veliki pajesen (*Ailanthus altissima*), ki ju leta 2008 še ni bilo.

Največjo pestrost v združbi invazivk smo pojasnili z višino obrežne vegetacije. Del variance je moč pojasniti tudi z globino struge, spremembo struge in rabo tal v zaledju.

Kot smo ugotovili z raziskavo, je obrežni pas reke Sotle močno naseljen z invazivnimi tujerodnimi vrstami. Razlogov za tako uspešno naselitev je več, glavni razlog so najbrž spremenljive hidrološke razmere reke, saj je znano, da te vrste s pridom izkoriščajo poplave za uspešno selitev na druga mesta. Zagotovo so razlog tudi različni posegi v obrežni pas, kot npr. odstranjevanje drevesne in grmovne vegetacije za povečanje kmetijskih površin ali zaradi lažje dostopnosti do vode. Odstranjevanje vegetacije ustvarja nova potencialna mesta za naselitev, ob tem pa se poveča tudi dostopnost svetlobe, ki jo lahko invazivne tujerodne vrste bolje izkoristijo. Znano je, da so te vrste bolj uspešne v tekmovanju za naravne vire, kot so svetloba, voda in hranila in zato je eden izmed razlogov za tako uspešen razrast najbrž tudi kmetijska dejavnost ob reki Sotli, ki dodatno obremenjuje tla z raznimi hranili, ki jih lahko invazivne tujerodne vrste bolje izkoristijo kot avtohtone. Vse nadaljnje posege v obrežni pas Sotle (in ostalih rek) bi bilo potrebno zakonsko bolj omejiti in jih nadzorovati s pomočjo za to pristojnih inšpekcijskih služb, da bi se obstoječi odseki z dobro ohranjeno prvotno vegetacijo ohranili v ugodnem stanju.

SUMMARY

The goal of this study was to determine the presence, distribution and abundance of alien invasive plants in the riparian zone along the right bank of the river Sotla. We looked for connections between environmental factors and occurrence of alien invasive species. In 2008 growing season we estimated condition of riparian zone and hinterland. We surveyed invasive plant species along the river Sotla and identified their phenological phases, phytosociological classes and determined their occurrence in different parts of the watercourse. In August 2012 we repeated the inventory on 17 randomly selected sites, this time, only the occurrence, frequency and distribution of alien invasive plants were surveyed.

River Sotla is a border river between Slovenia and Croatia and is 91 km long. We divided the river Sotla, from its source to its outflow into the river Sava, into 86 sections. In each of these 86 sections a segment in the length of 100 m was surveyed. For every section we filled out an inventory sheet which consisted of two parts. First part addressed the condition of the riparian zone and hinterland and was designed according to Petersen's (1992) RCE method (Riparian, Channel and Environmental Inventory). Second part of the inventory sheet addressed alien invasive species which were found in an individual section. 13 alien invasive plant species were identified. Abundance of alien invasive species was determined with a five-step scale (1–5). Condition of riparian zone and hinterland as well as distribution and occurrence of selected alien invasive species were displayed by MS Excel 2007 programme, effects of environmental factors on the occurrence of alien invasive species were displayed with CANOCO 4.5 programme.

In the majority of the sections the condition of riparian zone and hinterland was good. Poor condition was recorded in the middle and in the lower sections of the river course which is a result of land use patterns beyond riparian zone and width of riparian vegetation. The state of some individual sections was assessed as very good. We didn't record any major changes in river channel and riparian vegetation there.

The river Sotla is a slow running river with variable water depth. Land just beyond the riparian vegetation is used for agriculture and human settlement. Most of the vegetation in riparian zone is represented by low growing trees and shrubs (up to 4 m in height). We found alien invasive species in most sections, mainly on or between vegetation.

The most abundant invasive species along river Sotla were: wild cucumber (*Echinocystis lobata*), giant goldenrod (*Solidago gigantea*), black locust (*Robinia pseudacacia*), topinambour (*Helianthus tuberosus*) and Himalayan balsam (*Impatiens glandulifera*). The occurrence of alien invasive species is greater in lower and middle sections of the river Sotla. Comparison of selected sections between the years 2008 and 2012 shows that the occurrence of alien invasive plants was higher in 2012, we even found two new alien invasive species of plants– *Spiraea japonica* and *Ailanthus altissima*.

In most cases, the variability among invader groups can be explained by the height of the riparian vegetation. Also significant share of variability can be explained by the stream depth, changes in channel structure and land-use patterns beyond the riparian zone.

As we concluded with the study, the riparian zone of river Sotla is heavily inhabited by alien invasive species. There are several reasons for successful inhabitation. One of the main reasons is probably changeable hydrological conditions of the river, it is well known that alien invasive species successfully exploit floods for spreading. Second reason are probably anthropogenic changes in riparian vegetation such as removing trees and shrubs to increase agricultural areas for easier access to the river. Removing vegetation creates new potential sites for establishment and increases sun light penetration, which alien invasive species exploit better than native species. It is well known that these species are better competitors for natural sources, such as light, water and nutrients. All future interventions in the riparian zone of the river Sotla (and other waterways) should be more restricted by law and supervised by competent inspection services, so that the existing sections with well preserved original vegetation would maintain the favorable conservation status.

7 VIRI

Bačič M. 2008. Topinambur *Helianthus tuberosus*. Informativni list 8, Spletna stran tujerodne vrste.

<http://www.tujerodne-vrste.info/informativni-listi/INF8-topinambur.pdf> (25. jan. 2012)

Baker H. G. 1965. Characteristics and modes of origin of weeds: the genetics of colonizing species. New York, Academic Press: 26 str.

Barling R. D., Moore I. D. 1994. Role of buffer strips in management of waterway pollution: a review. *Environmental Management*, 18: 543–558

Baruch Z., Goldstein G. 1999. Leaf construction cost, nutrient concentration, and net CO₂ assimilation of native and invasive species in Hawaii. *Oecologia*, 121: 183–192

Boulton A. J., Findlay S., Marmonier P., Stanley E. H., Valett H. M. 1998. The functional significance of the hyporheic zone in streams and rivers. *Annual Review of Ecology, Evolution and systematics*, 29: 59–81

Bretagnolle F., Chauvel B. 2006. *Ambrosia artemisiifolia*. DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe)

http://www.europe-aliens.org/pdf/Ambrosia_artemisiifolia.pdf (30. okt. 2012)

Brooks, M. L., D'Antonio, C. M., Richardson, D. M., Grace, J. B., Keeley, J. E., DiTomaso, J. M., Hobbs, R. J., Pellant, M., Pyke, D. 2004. Effects of invasive alien plants on fire regimes. *BioScience*, 54: 677–688

Brunke M., Gonser T. 1997. The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. *Freshwater Biology*, 37: 1–33

Brus R. 1997. Spoznajmo drevesa: robinija. *Gea*, 7, 11: 72–73

Castelle A. J., Johnson A. W., Conoll C. 1994. Wetland and stream buffer size requirements - a review. *Journal of Environmental Quality*, 23, 5: 878–882

Celesti-Grapow L., Di Marzio P., Blasi C., 2003. Temporal niche separation of the alien flora of Rome. V: *Plant invasions: ecological threats and management solutions*. Child L. E., Brock J. H., Brundu G., Prack P., Pyšek P., Wade P. M., Williamson M. (ur.). Leiden, Backhuys Publishers: 101–111

Clark J. 2003. Invasive plant prevention guidelines. Montana, Center for invasive plant management: 15 str.

http://www.weedcenter.org/store/docs/CIPM_prevention.pdf (1. nov. 2012)

Child L., Wade M., Hathaway S. 2001. Strategic invasive plant management, linking policy and practice: a case study of *Fallopia japonica* in Swansea, South Wales (United Kingdom). V: *Plant invasions: Species ecology and ecosystem management*. Brundu J.B.G., Camarda I., Child L. E., Wade P.M. (ur.). Leiden, Bachuys Publishers: 291–302

Cowie I. D., Werner P. A. 1993. Alien plant species invasive in Kakadu National Park, tropical northern Australia. *Biological conservation*, 63: 127–135

Cronk Q. C.B., Fuller J. L. 1995. *Plant invaders*. London, Chapman & Hall: 241 str.

Čuješ K. 2007. Kemijska in biološka kakovost reke Sotle. Prah K. in Nekrep A. Naravnogeografski, kulturni in ekonomski vidiki razvoja Posotelja. Maribor, Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta: 71-79

Dahm C., Cleverly J., Coonrod J., Thibault J., McDonnell D., Gilroy D. 2002. Evapotranspiration at the land/water interface in a semi-arid drainage basin. *Freshwater Biology*, 47: 831–843

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., Vanparys V., Hayez M., Gruber W., Meerts P. 2008. Impacts of alien invasive plants on soil nutrients are correlated with initial site conditions in NW Europe. *Oecologia*, 157, 1: 131–140

Decamps H. 1993. River margins and environmental change. *Ecological Applications*, 3: 441–445

Decamps 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

Dudgeon D. 1992. Endangered ecosystems-a review of the conservation status of tropical Asian rivers. *Hydrobiologia*, 248:167–191

Ellenberg H. 1988. *Vegetation ecology of Central Europe*. Cambridge, Cambridge University press: 729 str.

Ewel K. C., Creessa C., Knieb R. T., Lakes P. S., Levin L. A., Palmer M. A., Snelgrove P., Wall D. H. 2001. Managing critical transition zones. *Ecosystems*, 4: 452–460

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*. Pyšek P., Prach K., Rejmanek M, Wade M. (ur.). Amsterdam, SPB Academic publishers: 117–127

Foster B. L., Smith V. H., Dickson T. L., Hildenbrandt T. 2002. Invasibility and compositional stability in grassland community: relationships to diversity and extrinsic factors. *Oikos*, 99: 300–307

Frajman B. 2004. Žlezava nedotika (*Impatiens glandulifera* Royle) – invazivna vrsta v naši flori. *Proteus*, 65, 6: 274–277

Frajman B. 2008. Deljenolistna rudbekija *Rudbeckia laciniata*, Informativni list 7, 2008, spletna stran tujerodne-vrste.

<http://www.tujerodne-vrste.info/informativni-listi/INF7-deljenolistna-rudbekija.pdf> (4. maj 2012)

Frajman B. 2008. Japonski dresnik *Fallopia japonica*, Informativni list 1, 2008, spletna stran tujerodne-vrste.

<http://www.tujerodne-vrste.info/informativni-listi/INF1-japonski-dresnik.pdf> (4. maj 2012)

Gaberščik A. 1996. Meje rečnega ekosistema. V: Urejenost voda - osnova ali omejitev: Mišičev vodarski dan '96: 72–76

Gordon D. R. 1998. Effects of invasive, non-indigenous plant species on ecosystem processes: lessons from Florida. *Ecological Applications*, 8: 975–989

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

Gross K. L. 1984. Effects of seed size and growth form on seedling establishment of six monocarpic perennial plants. *Journal of Ecology*, 72: 369–387

Hajzerova L., Matejček T. 2011. The spread of invasive neophytes in the riparian vegetation of the Tycha orlice. *Journal for Geography*, 6,1: 33–46

Hancock C. N., Ladd P. G., Froend R. H. 1996. Biodiversity and management of riparian vegetation in Western Australia. *Forest ecology and management*, 85: 239–250

Hartmann E., Schulders H., Kübler R., Konold W. 1994. Neophyten. Verbreitung und Kontrolle ausgewählter Arten. Landsberg, Ecomed: 310 str.

Harvey W. J., Wagner B. J., Bencala K. E. 1996. Evaluating the Reliability of the Stream Tracer Approach to Characterize Stream-Subsurface Water Exchange. Water resources research, 32, 8: 2441–2451

Hejda M. 2006. *Impatiens glandulifera*, 2006, DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe).

http://www.europe-aliens.org/pdf/Impatiens_glandulifera.pdf (30. okt. 2012)

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

Hoffman J. H., Moran V. C. 1988. The invasive weed *Sesbania Punicea* in South Africa and prospects for its control. South African Journal of Science, 84: 740–742

Holmes, P. M., Richardson, D. M. 1999. Protocols for restoration based on recruitment dynamics, community structure and ecosystem function: perspectives from South African fynbos. Restoration Ecology, 7: 215–230

Hood G. W., Naiman R. J. 2000. Vulnerability of riparian zones to invasion by exotic vascular plants. Plant ecology, 148: 105–114

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

Jogan N. 2007. Poročilo o stanju ogroženih rastlinskih vrst, stanju invazivnih vrst ter vrstnega bogastva s komentarji. Ljubljana, Agencija RS za okolje.

http://www.arso.gov.si/narava/rastlinske%20vrste/ogro%5%beene%20in%20zavarovane/ogrozene_rastlinske_vrste.pdf (25. jan. 2012)

Jogan N. 2009. Tujerodne rastline v Sloveniji. V: Tujerodne vrste v Sloveniji: zbornik s posveta, Ljubljana 10. marec, 2009. Veenvliet J. K. (ur.). Grahovo, Zavod Symbiosis: 11–14

Jogan N. 2009. Tujerodne rastline v Sloveniji. V: Tujerodne vrste: priročnik za naravovarstvenike. Kus Veenvliet J. (ur.). Grahovo, Zavod Symbiosis: 14–16

Jogan N. 2009. Pelinolistna žvrklja (ambrozija) *Ambrosia artemisiifolia*. Informativni list 27. V: Tujerodne vrste: informativni listi izbranih invazivnih vrst: gradivo projekta Thuja. Jogan N. (ur.).

<http://www.tujerodne-vrste.info/informativni-listi/INF27-pelinolistna-zvrklja.pdf>

(30. okt. 2012)

Jogan N., Bačič T., Frajman B., Leskovar I., Naglič D., Podobnik A., Rozman B., Strgulc-Krajšek S., Trčak B. 2001. Gradivo za Atlas flore Slovenije. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore: 443 str.

Johansson M. E., Nilsson C., Nilsson E. 1996. Do rivers function as corridors for plant dispersal? *Journal of Vegetation Science*, 7: 593–598

Kalliola R., Salo J., Puhakka M., Rajasilta M. 1991. New site formation and colonizing vegetation in primary succession on the western Amazon floodplain. *Journal of ecology*, 79: 877–901

King K., Henson J. 2005. Virginia creeper *Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch. USDA NRCS National Plant Data Center.

http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_paqu2.pdf (15. okt. 2012)

Kladnik D., Perko D., Orožen Adamič M. (ur.) 1995. Mali atlas Slovenije. Ljubljana, DZS: 37 str.

Klotz S. 2007. *Echinocystis lobata*. DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe).

http://www.europe-aliens.org/pdf/Echinocystis_lobata.pdf (30. okt. 2012)

Kolbezen M. 1998. Hidrogeografija. V: Geografija Slovenije. Gams I., Vrišer I. (ur.). Ljubljana, Slovenska matica: 139–172

Kus Veenvliet J. 2009. Tujerodne vrste: priročnik za naravovarstvenike. Grahovo, Zavod Symbiosis: 47 str.

Lake J. C., Leishman M. R. 2004. Invasion success of exotic plants in natural ecosystems: the role of disturbance, plant attributes and freedom from herbivores. *Biological conservation*, 2: 215–226

Lauber K., Wagner G. 2001. *Flora Helvetica*. 3. Aufl.. Verlag Paul Haupt: 1615 str.

Living on the edge: a guide to your rights and responsibilities of riverside ownership. 2012. Bristol, Environment agency: 35 str.

<http://a0768b4a8a31e106d8b0-50dc802554eb38a24458b98ff72d550b.r19.cf3.rackcdn.com/flho0912bwup-e-e.pdf>
(15. nov. 2012)

Lodge D. M. 1993. Biological invasions: lessons for ecology. *Trends in Ecology & Evolution*, 8: 133–137

Lohmeyer W., Sukopp H. 1992. Agriophyten in der Vegetation Mitteleuropas. *Schriftenreihe für Vegetationskunde*, 25: 1–185

Macdonald I. A. W., Frame G. W. 1988. The invasion of introduced species into nature reserves in tropical savannas and dry woodlands. *Biological Conservation*, 44: 67–93

Malanson G. P. 1993. Riparian landscapes. Cambridge, Cambridge University Press: 296 str.

Marić B. 2010. Divlji krastavac ili lažna jabuka - *Echinocystis lobata* (Mich) Forrey et a. Gray. Naše Šume, 9, 20/21: 37–39

Martinčič A., Wraber T., Jogan N., Ravnik V., Podobnik A., Turk B., Vreš B. 1999. Mala flora Slovenije: ključ za določanje praprotnic in semenk. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 845 str.

Mathooko J. M., Kariuki S. T. 2000. Disturbances and species distribution of the riparian vegetation of a Rift Valley stream. African journal of ecology, 38: 123–129

Merrit D. M., Wohl E. E. 2002. Processes governing hydrochory along rivers: hydraulics, hydrology and dispersal phenology. Ecological Applications, 12: 1071–1087

Meyer J. L., Sale M. J., Mulholland P. J., Poff N. L. 1999. Impacts of climate change on aquatic ecosystem functioning and health. Journal of the American Water Resources Association, 35: 1373–1386

Naiman R. J., Décamps H. 1997. The ecology of interfaces: Riparian zones. Annual review of Ecology and Systematics, 28: 621–658

Naiman R. J., Décamps H., McClain Michael E. 2005. Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities. London, Elsevier: 430 str.

Naiman R. J., Décamps H., Pollock M. 1993. The role of riparian corridors in maintaining regional biodiversity. Ecological Applications, 3: 209–212

Naiman R. J., Fetherston K. L., McKay S., Chen J. 1998. Riparian forests. V: River ecology and management: lessons from the Pacific coastal ecoregion. Naiman R. J., Bilby R.E. (ur.). New York, Springer: 289–323

Odredba o ukrepih za zatiranje škodljivih rastlin iz rodu *Ambrosia*. 2010. Ur. l. RS št. 63/2010

Okvirna vodnogospodarska osnova porečja Sotle: poročilo. 1965. Ljubljana, Zavod za vodno gospodarstvo: 90 str.

Parkyn S.; Shaw W., Eades, P. 2000. Review of information on riparian buffer widths necessary to support sustainable vegetation and meet aquatic functions. (Technical Publication, no. 350). Auckland, Auckland Regional Council: 38 str.

Pavšek M. 1998. Srednje-sotelsko gričevje. V: Slovenija – pokrajine in ljudje. Perko D., Orožen Adamič M. (ur.). Ljubljana, Mladinska knjiga: 642–651

Pavšek M. 1998. Voglajnsko in Zgornje-sotelsko gričevje. V: Slovenija – pokrajine in ljudje. Perko D., Orožen Adamič M. (ur.). Ljubljana, Mladinska knjiga: 632–641

Perko D., Orožen Adamič M. 1998. Slovenija-pokrajine in ljudje. Ljubljana, Mladinska knjiga: 735 str.

Perko D. 1998. Krško, Senovsko in Bizeljsko gričevje. V: Slovenija – pokrajine in ljudje. Perko D., Orožen Adamič M. (ur.). Ljubljana, Mladinska knjiga: 652–675

Petersen R. C. 1992. The RCE: a riparian, Channel and environmental inventory for small streams in agricultural landscape. *Freshwater Biology*, 27: 25–306

Planty-Tabacchi A.M., Tabacchi E., Naiman R.J., DeFerrari C., Decaps H. 1996. Invasibility of species rich communities in riparian zones. *Conservation biology*, 10: 598–607

Pollock M. M., Naiman R. J., Hanley T.A. 1998. Plant species richness in riparian wetlands: a test of biodiversity theory. *Ecology*, 79: 94–105

Prah K. 2007. Uporaba integralnega geografskega modela raziskovanja okolja in okoljskih sestavin za varovanje vodnih virov. Geografski vestnik, 79–1: 107–122

Prah K. 2012. Voda kot pedogenetski dejavnik v porečju Sotle. Revija za geografijo-
Journal for Geography, 7, 1: 81–88

Prostorski in podatkovni podatki za območja Natura 2000 in EPO. 2013. CIRCA-
Communication & Information Resource Centre Administrator.

[http://nfp-si.eionet.europa.eu:8980/Public/irc/eionet-
circle/javna/library?l=/natura_dopolnitve/2000_sprejeto_2013&vm=detailed&sb=Title](http://nfp-si.eionet.europa.eu:8980/Public/irc/eionet-circle/javna/library?l=/natura_dopolnitve/2000_sprejeto_2013&vm=detailed&sb=Title)
(27. maj 2013)

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., Richardson D. M. 2007. Traits associated with invasiveness in alien plants:
where do we stand? V: Biological invasions. (Ecological Studies, 193). Nentwig W. (ur.).
Berlin, Springer: 97–126

Pyšek P., Mullerov J., Jarošík V. 2007. Historical dynamics of *Heracleum
mantegazzianum* invasion at a regional and local scales. V: Ecology and management of
giant hogweed (*Heracleum mantegazzianum*). Pyšek P., Cock M. J. W., Nentwig W., Ravn
H. P. (ur.). Walingford (UK), CAB International: 42–54

Pyšek P., Prach K. 1995. Invasion dynamics of *Impatiens glandulifera*- a century of
spreading reconstructed. Biological conservation, 74: 41–48

Rabitsch W., Essl F. 2006. Biological invasions in Austria: patterns and case studies.
Biological invasions, 8: 295–308

Randall J. M. 1996. How non-native species invade & degrade natural areas. V: Invasive
plants. Marinelli J. (ur.) New York, Brooklyn Botanic Garden Publications: 7–11

Rauch M. 2005. Gozd in obvodna drevnina v obrežnem pasu spodnjega toka Kokre: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 94 str.

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

Rundel P.W., Sturmer S. B. 1998. Native plant diversity in riparian communities of the Santa Monica mountains, California. *Madrono*, 45: 93–100

Schade J. D., Fisher S. G., Grimm N. B., Seddon J. A. 2001. The influence of a riparian shrub on nitrogen cycling in a Sonoran Desert stream. *Ecology*, 82: 363–376

Schnitzler A. 1994. European alluvial hardwood forests of large floodplains. *Journal of Biogeography*, 21: 604–623

Schnitzler A. 1995b. Successional status of trees in gallery forest along the river Rhine. *Journal of Vegetation Science*, 6: 479–486

Schnitzler A., Hale B. W., Alsum E. 2005b. Biodiversity of floodplain forests in Europe and eastern North America: a comparative study of the Rhine and Mississippi Valleys. *Biodiversity and Conservation*, 14: 97–117

Schnitzler A., Hale B. W., Alsum E. 2007. Examining native and exotic species diversity in European riparian forests. *Biological conservation*, 138: 146–156

Scott M. L., Auble G. T., Friedman J. M. 1997. Flood dependency of cottonwood establishment along the Missouri River, Montana, USA. *Ecological Applications*, 7: 677–690

Scott R. L., Shuttleworth W. J., Goodrich D. C., Maddock T. 2000. The water use of two dominant vegetation communities in a semiarid riparian ecosystem. *Agricultural and Forest Meteorology*, 105: 241–256

Sever Z. 1999. Žlezava nedotika. *Slovenski čebelar*, 51, 1: 15–16

Sobrino E., Gonzales A., Sanz-Elorza M., Dana E. D., Sanchez- Mata D., Gavian R. 2001. The expansion of thermophilic plants in the Iberian Peninsula as a sign of climatic change. V: »Fingerprints« of climate change: adapted behaviour and shifting species ranges. Walther G. R., Burga C. A., Edwards P. J. (ur). New York, Kluwer Academic/Plenum Publishers: 163–174

Stanković-Kalezić R., Radivojević L., Jovanović V., Janjić V., Šantrić L. 2008. Adventivna vrsta *Aslepias syriaca* L. na području Pančevačkog rita. *Acta biologica Iugoslavica*, 17: 95–103

Stohlgren T. J., Bull K. A., Otsuki Y., Villa C. A., Lee M. 1998. Riparian zones as heavens for exotic plant species in the central grasslands. *Plant ecology*, 138: 113–125

Strgulc Krajšek S. 2008. Kanadska zlata rozga *Solidago canadensis*, Informativni list 5a, spletna stran tujerodne vrste.

<http://www.tujerodne-vrste.info/informativni-listi/INF5a-kanadska-zlata-rozga.pdf> (3. maj 2012)

Stromberg J. C., Tiller R., Richter B. 1996. Effects of groundwater decline on riparian vegetation of semiarid regions: the San Pedro, Arizona. *Ecological applications*, 6: 113–131

Stromberg J. C., Lite S. J., Marler R., Paradzick C., Shafroth P. B., Shorrock D., White J. M., White M. S. 2007. Altered stream-flow regimes and invasive plant species: the *Tamarix* case. *Global ecology and biogeography*, 16, 3: 381–393

Swanson F. J., Gregory S. V., Sedell J. R., Campbell A. G. 1981. Land-water interactions: The riparian zone. V: *Analysis of coniferus forest ecosystems in the western United states*. Baltimore, Hutchinson Ross: 267–291

Šajna N., Haler M., Škornik S., Kaligarič M. 2007. Survival and expansion of *Pistia stratiotes* L. in a thermal stream in Slovenia. *Aquatic Botany*, 87: 75–79

Špes M., Cigale D., Lampič B., Natek K., Plut D., Smrekar A. 2002. Študija ranljivosti okolja: metodologija in aplikacija. *Geographica Slovenica* 35, 1–2

Tabacchi E., Lambs L., Guilloy H., Planty-Tabacchi A., Muller E., Decamps H. 2000. Impacts of riparian vegetation on hydrological processes. *Hydrological Processes*, 14, 16/17: 2959–2976

Tabacchi E., Correll D., Hauer R., Pinay G., Planty-Tabacchi A., Wissmar R. 1998. Developement, maitenance and role of riparian vegetation in the river landscape. *Freshwater biology*, 40: 497–516

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

Thébaud C., Debussche M. 1991. Rapid Invasion of *Fraxinus ornus* L. along the Herault River System in Southern France - the importance of seed dispersal by water. *Journal of Biogeography*, 18: 7–12

Török K., Botta- Dukat Z., Dancza I., Nemeth I., Kiss J., Mihaly B., Magyar D. 2003. Invasion gateways and corridors in the Carpathian Basin: biological invasions in Hungary. *Biological invasions*, 5: 349–356

Vasić O. 2005. *Echinocystis lobata* (Michx) Torrey et A. Gray in Serbia. *Acta botanica croatica*, 64, 2: 369–373

Vidrih M., 2006. Vezava ogljika v pašeni ruši visokega krasa: doktorska disertacija. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo). Ljubljana, samozal.: 102 str.

Vitousek P. M. 1994. Beyond global warming: ecological and global change. *Ecology*, 75: 1861–1876

Vovk A. 1998. Boč in Macelj. V: Slovenija – pokrajine in ljudje. Perko D., Orožen Adamič M. (ur.). Ljubljana, Mladinska knjiga: 624–631

Walter J., Essl F., Englich T., Kiehn M. 2005. Neophytes in Austria: habitat preferences and ecological effects. *Neobiota*, 6:13–25

Ward J. V. 1998. Riverine landscapes: Biodiversity patterns, disturbance regimes and aquatic conservation. *Biological conservation*, 83, 3: 269–278

Ward J. V., Tockner K., Arscott D. B., Claret C. 2002. Riverine landscape diversity. *Freshwater biology*, 47: 517–539

Washitani I. 2001. Plant conservation ecology for management and restoration of riparian habitats of lowland Japan. *Population Ecology*, 43:189–195

Weber E., Jacobs G. 2005. Biological flora of central Europe: *Solidago gigantea* Aiton. *Flora*, 200, 2: 109–118

Wittenberg R. (ur.) 2005. An inventory of alien species and their threat to biodiversity and economy in Switzerland: report to the Swiss Agency for Environment, Forests and Landscape. Delemont, CABI Bioscience Switzerland Centre: 416 str.

Woolfrey A. R., Ladd P. G. 2001. Habitat preference and reproductive traits of a major Australian riparian tree species (*Casuarina cunninghamiana*). Australian Journal of Botany, 49: 705–715

Zabrc D. 2003. Vodna solata v slovenskih vodah. Ribič, 1/2: 7–8

Zakon o ohranjanju narave. 2004. Ur. l. RS, št. 94/2004

Zavaleta, E., Hobbs, R. J., Mooney, H. A. 2001. Viewing invasive species removal in a whole-ecosystem context. Trends in Ecology & Evolution, 16: 454–459

Žiger Z., Bogar A. 2007. Geografska obilježja gornjeg toka rijeke Sutle. Hrvatski geografski glasnik, 69, 1: 25–39

ZAHVALA

Gospa prof. Gaberščik iskrena hvala za vso pozitivno energijo, ki vam je ne zmanjka, za prijazne besede in koristne nasvete ter vsestransko pomoč pri nastajanju magistrskega dela.

Gospod prof. Batič in **gospod prof. Jogan**, zahvaljujem se vama za vse koristne napotke, predloge in popravke, ki so v veliki meri prispevali h končnemu izdelku.

Moja druga stran tehtnice, **Mitja**, hvala za vso spodbudo pri študiju in optimizem, ki ti ga nikoli ne zmanjka.

Hvala **očetu Dragu** in **bratu Roku**, da sta bila moja šoferja na terenu, **mami Tatjani** hvala za varstvo otrok. Predvsem pa hvala dragi starši, da ste mi omogočili študij, mi stali ob strani in me na tej poti podpirali.

Ivanki in **Cirilu** hvala za varstvo otrok, podporo v času študija in topografske karte.

Nataliji in **Barbari** hvala za vsako lektorirano stran in vso hitro pomoč v zvezi z nalogo.

Igorju in **Martini** hvala za vse koristne nasvete s področja geografije in spodbudo, ki sta mi jo dala.

Valentini in **Dušanu** hvala za spodbudo, nasvete, podporo in dobro voljo pri nastajanju tega dela. Značilnosti navadne vinike in razlik med kanadsko in orjaško zlato rozgo ne bom pozabila.

PRILOGE

PRILOGA A: GPS koordinate posameznih odsekov

ODSEK	N	E	ODSEK	N	E
1	45°53.108'	15°41.135'	37	46°05.235'	15°38.773'
2	45°53.661'	15°40.964'	38	46°05.026'	15°38.285'
3	45°54' 19,6"	15°40'.48,8"	39	46°05.090'	15°37.846'
4	45°54.633'	15°41.262'	40	46°05.977'	15°37.243'
5	45°54.981'	15°41.872'	41	46°05.560'	15°37.259'
6	45°55.274'	15°42.395'	42	46°05.977'	15°37.243'
7	45°55.820'	15°42.368'	43	46°06'03.3"	15°36' 47.9"
8	45°56.'12.0"	15°42.'31.3"	44	46°06'26.6"	15°36' 44.9"
9	45°56.831'	15°42.466'	45	46°06.707'	15°36.360'
10	45°57.25.6"	15°42.33.0"	46	46°6'44.94"	15°36' 42.47"
11	45°57'57.1"	15°42' 29.4"	47	46°07.431'	15°36.476'
12	45°57.25.6"	15°42' 29.4"	48	46°07.584'	15°36.553'
13	45°59. 031'	15°42.300'	49	46°07'54.6"	15°36' 49.2"
14	45°59.493'	15°42. 198'	50	46°08'15.2"	15°36' 36.1"
15	45°59'48.7"	15°42' 05.1"	51	46°08'20.9"	15°36' 24.8"
16	45°59. 995"	15°42. 427'	52	46°08'33.4"	15°36'00.6"
17	46°00.258'	15°42. 538'	53	46°08'58.2"	15°35'59.6"
18	46°00.514'	15°42. 658'	54	46°09.090'	15°36.466'
19	46°00.800'	15°42.642'	55	46°09'31.0"	15°36'35.4"
20	46°01.000'	15°42.514'	56	46°09.894'	15°36.405'
21	46°01.122'	15°42.822'	57	46°10.126'	15°36.648'
22	46°01.426'	15°42.759'	58	46°11'09.4"	15°38'08.5"
23	46°1'49,87"	15°43'13,56"	59	46°11'13.4"	15°38'33.7"
24	46°2'6,58"	15°43'42,42"	60	46°11'27.5"	15°38'53.0"
25	46°02.439'	15°43.827'	61	46°11'46.7"	15°38'48.6"
26	46°02.791'	15°43.718'	62	46°12'11.3"	15°38'54.1"
27	46°2'49,86"	15°43'43,46"	63	46°12'33.7"	15°38'33.8"
28	46°3'12,05"	15°43'11,44"	64	46°13'01.9"	15°38'51.1"
29	46°04'19.0"	15°39' 57.5"	65	46°13'06.4"	15°39'09.0"
30	46°03.763'	15°41.643'	66	46°13'15.6"	15°39'39.0"
31	46°3'50,55"	15°39' 57.5"	67	46°13'22.9"	15°40'05.6"
32	46°04'15.2"	15°40' 40.3"	68	46°13'37.5"	15°40'40.2"
33	46°04'19.0"	15°39' 57.5"	69	46°13'27.2"	15°41'27.7"
34	46°04.526'	15°39.445'	70	46°13'21.4"	15°42'06.5"
35	46°04.950'	15°39.339'	71	46°13'21.1"	15°42'50.3"
36	46°05.005'	15°38.933'	72	46°13'19.5"	15°43'22.9"

ODSEK	N	E	ODSEK	N	E
73	46°13'05.4"	15°43'40.6"	80	46°12'43.0"	15°46'40.5"
74	46°13'07.7"	15°44'09.0"	81	46°13'00.6"	15°47'02.7"
75	46°13'17.5"	15°44'43.3"	82	46°13'27.0"	15°47'24"
76	46°13'03.8"	15°45'15.0"	83	46°13'52"	15°47'38"
77	46°12'39.0"	15°45'02.5"	84	46°13'56.83"	15°48'8.50"
78	46°12'26.5"	15°45'27.7"	85	46°14'23.19"	15°48'15.02"
79	46°12'35.8"	15°46'10.0"	86	46°13'43.43"	15°48'7.39"

PRILOGA B: Vprašalnik, zasnovan po Petersenovi (1992) RCE metodi

Preuredili in dopolnili sva ga Maja Haler in Valentina Klenovšek Mavrič pod vodstvom prof. dr. Alenke Gaberščik.

Hitrost vodnega toka			Globina vodnega toka	
1	I	ni viden	skoraj stoječ, vrtinec	1. 0–30 cm
2	II	komaj viden	tok zelo šibek, vendar viden	2. 30–100 cm
3	III	počasi tekoč	tok viden, površina vode gladka	3. >100 cm
4	IV	hitro tekoč	voda srednje razburkana	
5	V	deroč	voda razburkana	
6	VI	hudourniški	voda zelo razburkana	

Širina cone obrežne vegetacije od roba struge do polj	
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 od 1 do 5 m širine
4	Poplavne obrežne ali gozdne vegetacije ni

Sklenjenost obrežne vegetacije	
1	Sklenjena obrežna vegetacija
2	Prekinitve se pojavljajo na razdaljah več kot 50 m
3	Prekinitve pogoste vsakih 50 m
4	Prekinitve na manj kot vsakih 50 m

Vegetacija obrežnega pasu	
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
4	Travnata vegetacija nekaj dreves ali grmovja

Oblika struge	
1	Zadostna za sedanje in najvišje letne pretoke, širina/ globina < 7
2	Ustrezna, z redkimi preplavljanji bregov, širina/globina 8 do 15
3	Komaj vzdržuje sedanje najvišje pretoke, širina/globina 15-25
4	Preplavljanje bregov običajno, širina/globina > 25, ali pa je vodotok kanaliziran

Spremembe rečne struge (podobno kot breg)	
1	Naravna
2	Poglobljena/ razširjena
3	Jezovi iz naravnih materialov
4	Umetni jezovi (betonirani)

Struktura bregov	
1	Stabilna, iz skal in zemlje, čvrsto utrjena s travo, grmičevjem in drevesnimi koreninami
2	Čvrsta bregova, vendar rahlo utrjena s koreninami travi in grmičevja
3	Bregova iz rahle zemlje, ki jo zadržuje skromna plast trave in grmičevja
4	Nestabilna bregova iz rahle zemlje ali peska, ki se hitro premakneta

Vrsta posegov v rečni breg	
1	Ni vidnih posegov v rečni breg
2	Spremenjen breg v prečni smeri
3	Kamnita utrditev vzdolž reke
4	Betonska utrditev vzdolž reke

Spodjedanje bregov	
1	Spodjedanja ni
2	Zajedanje le na zavojih in ožinah
3	Pogosto zajedanje, spodjedanje bregov in korenin
4	Močno spodjedanje in rušenje

Brzice in tolmini ali meandri	
1	Izraziti, na razdalji 5 do 7-kratne širine vodotoka
2	Nepravilno razporejeni
3	Dolgi tolmini, ki ločujejo kratke brzice, odsotnost meandrov
4	Odsotnost meandrov in brzic ali tolminov ali pa je vodotok kanaliziran

Izraba tal v zaledju	
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
4	Prevladujejo obdelovalne površine ali strnjeno urbano območje (hiše, tovarne)

Vodna vegetacija	
1	Če je prisotna - sestoji iz mahu in zaplat alg
2	Alge prevladujejo v tolminih, vaskularne rastline pa vzdolž roba
3	Prisotnost zaplat alg, nekaj vaskularnih rastlin, malo mahu
4	Vaskularne rastline prevladujejo v strugi

Raba zemljišča neposredno za obrežno vegetacijo	
1	Nespremenjena (prvotna), sestoji gozda, naravna mokrišča, in/ali močvirja
2	Izmenjavanje pašnih površin, gozdov in močvirij, nekaj obdelovalnih površin
3	Izmenjavanje obdelovalnih (polj) in pašnih površin /Zemljišče je v fazi zaraščanja
4	Prevladujejo obdelovalne površine in posamezne hiše
5	Urbane površine

Višina obrežne vegetacije	
1	Prevladujejo zelišča do 1 m
2	Nizkorasle rastline z grmičevjem do 2,5 m
3	Drevesa in grmičevje do 4 m
4	Drevesa nad 4 m

Invazivne tujerodne rastlinske vrste

Prisotnost invazivnih tujerodnih rastlinskih vrst v obrežnem pasu	
1	Invazivnih tujerodnih rastlin ni
2	Rastline se pojavljajo posamično, prisotna največ 1 vrsta
3	Nestrnjeni sestoji invazivnih rastlin/ več vrst invazivnih rastlin
4	Invazivne tujerodne rastline prevladujejo, pojavlja se mnogo vrst v strnjenih sesrojih

Pojavnost invazivnih tujerodnih vrst glede na del obrežnega pasu (za vse prisotne invazivne rastlinske vrste)	
1	Se ne pojavljajo
2	Pojavljajo se v sklenjenem pasu neposredno ob vodi
3	Pojavljajo se posamično ali med/na vegetacijo/-i
4	Strnjeni sestoji rastlin po vsej širini obrežnega pasu

POSAMEZNA INVAZIVNA TUJERODNA VRSTA, KI JO POPISUJEMO

Ime tujerodne invazivne rastlinske vrste:

Fenološka faza	
1	Zgodnja vegetativna faza
2	Pozna vegetativna faza
3	Začetek cvetenja (cvetovi še nepopolnoma razviti)
4	Pozno cvetenje (že razvidna tvorba plodov in semen)
5	Plodenje
6	Zrelost, semena že odpadajo, rastlina odmira

Pogostost vrste	
1	Posamična največ 5 primerkov (razpršeno)
2	Redka, največ 20 primerkov (majhni sestoji)
3	Pogosta rastlina, pojavlja se v večjih sestojih
4	Prevladujoča vrsta, ki se pojavlja v velikih strnjenih sestojih

Ocena pokrovnosti rastlin po 5-stopenjski lestvici	
1	Posamezne rastline
2	1 manjši sestoj ali večje število razpršenih rastlin
3	Več manjših sestojev tujerodne invazivne rastlinske vrste
4	Polovico pokrovnosti obrežne vegetacije predstavlja popisana invazivna rastlinska vrsta
5	Vegetacijo obrežnega pasu sestavlja v večini navedena invazivna rastlinska vrsta

Vitalnost rastlinske vrste	
1	Rastline zelo vitalne
2	Rastline so zmerno vitalne
3	Propadajoče rastline

Pojavnost invazivnih tujerodnih vrst glede na del obrežnega pasu	
1	Pojavljajo se v sklenjenem pasu neposredno ob vodi
2	Pojavljajo se posamično med ali na vegetaciji
3	Pojavljajo se med obrežno vegetacijo in travnikom/obdelovalno površino/potjo
4	Strnjeni sestoji rastlin po vsej širini obrežnega pasu

	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
Glob	1	1	1	3	3	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1
Hitrost	4	4	4	1	1	2	4	3	3	3	2	3	3	3	4	4	3	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	3	3	4
Raba_nepveg	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	5	5	4	4	5	4	2	3	4
Šir_veg	3	3	2	2	2	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	3	2	4	3	3	3	4	3	3	1	3	2
Skl_veg	1	1	1	2	1	2	1	2	1	2	2	3	1	2	2	2	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Obr_veg	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3	4	2	3	2
Obl_str	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1
Spr_str	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Str_bre	1	1	2	2	1	2	1	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1
Pos_bre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spodj_breg	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2	2
Brz_tol	1	1	1	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
Vod_veg	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Viš_veg	3	3	4	3	3	2	4	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	2	2	3	2	3	4	3	2	2	2	4	2	3
Raba_zal	3	3	3	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	3	4	4	4	3	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	3	3
Inv_vrs	3	3	2	3	3	2	2	4	3	4	3	3	3	2	3	4	2	3	4	2	4	3	2	4	3	4	4	2	3	3
Poj_inv	3	3	3	3	3	3	3	4	3	4	4	4	3	3	3	4	3	3	4	4	4	3	3	4	3	4	4	3	3	4

	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Glob	1	2	2	3	2	2	3	2	2	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2
Hitrost	4	3	4	2	2	3	1	2	4	4	4	2	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4
Raba_nepveg	2	4	4	4	4	4	4	4	5	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	1	1	1	1
Šir_veg	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	2	2	2	1	1	1
Skl_veg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Obr_veg	2	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1
Obl_str	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spr_str	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Str_bre	1	2	2	1	1	1	2	2	2	3	2	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pos_bre	1	1	1	1	1	1	1	1	3	4	2	1	1	1	1	3	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1
Spodj_breg	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	1	1	1	1	1	1
Brz_tol	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Vod_veg	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Viš_veg	3	3	3	3	2	4	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4
Raba_zal	3	3	4	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	1	1	1	1	1	1
Inv_vrs	4	2	3	3	2	3	3	2	3	1	2	2	2	2	2	2	3	3	2	3	2	2	1	1	1	2
Poj_inv	4	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	1	1	1	3

PRILOGA D: Posamezni parametri širše okoljske ocene, izraženi v deležih, glede na celoten vodotok

	1	2	3	4
Šir_veg	7%	34%	57%	2%
Skl_veg	77%	20%	1%	2%
Obr_veg	13%	70%	16%	1%
Obl_str	84%	13%	2%	0%
Spr_str	90%	7%	1%	1%
Str_bre	64%	33%	3%	0%
Pos_bre	88%	6%	3%	1%
Spodj_breg	59%	37%	3%	0%
Brz_tol	72%	28%	0%	0%
Viš_veg	0%	20%	49%	31%
Raba_zal	9%	2%	52%	36%