

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA BIOLOGIJO

Anja BUNC

**DIVERZITETA MAKROINVERTEBRATOV V  
IZBRANIH KALIH NA KRASU**

DIPLOMSKO DELO  
Univerzitetni študij

**DIVERSITY OF MACROINVERTEBRATES IN  
SELECTED KARSTIC PONDS**

GRADUATION THESIS  
University studies

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija biologije. Opravljeno je bilo na Katedri za ekologijo in varstvo okolja Oddelka za biologijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za biologijo je potrdila temo in naslov diplomskega dela ter za mentorja imenovala prof. dr. Mihaela J. Tomana, za somentorja pa doc. dr. Igorja Zelnika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Cene Fišer

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Mihael J. Toman

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: prof. dr. Alenka Gaberščik

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Član: doc. dr. Igor Zelnik

Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

Podpisana se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tisku na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddala v elektronski verziji, identična tiskani verziji.

Datum zagovora: 25.1.2013

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Anja Bunc

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Dn
- DK 556.55:57(497.4)(043.2)=163.6
- KG Kras/kali/nevretenčarji/ vrstna pestrost
- AV BUNC, Anja
- SA TOMAN, J. Mihael (mentor)/ZELNIK, Igor (somentor)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Večna pot 111
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo
- LI 2013
- IN DIVERZITETA MAKROINVERTEBRATOV V IZBRANIH KALIH NA KRASU
- TD Diplomsko delo (univerzitetni študij)
- OP X, 73 str., 3 pregl., 31. sl., 3 pril., 34 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI V osmih kalih na Krasu smo ugotavljali diverziteto nevretenčarske združbe v odvisnosti od velikosti, prispevnega območja kala in drugih okoljskih dejavnikov. Vzorčili smo v štirih sezonah v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011, s približno trimesečnimi presledki. Uporabili smo metodo kvalitativnega vzorčenja vodnih nevretenčarjev. Hkrati smo spremljali še vrednosti določenih okoljskih dejavnikov. V vseh vzorcih smo našli 5067 osebkov, ki smo jih uvrstili v 79 taksonov. Najbolj vrstno pester je bil kal v Komnu, kjer smo našli največje število taksonov. Število osebkov je bilo največje v kalih Komen, Tomaj in Lukovec, in sicer predvsem na račun dominantnih vrst. V kalih so bili najbolj pogosti taksoni Diptera, Coleoptera, Bivalvia, Gastropoda in Oligochaeta. Med prehranjevalnimi skupinami sta bili najpogostejši skupini plenilcev in detritivorov. Shannon-Wienerjev indeks je bil prav tako najvišji v Komnu. Okoljske spremenljivke, oziroma merjeni parametri, so se med sezonami opazno spreminjali. Pomemben je bil tudi vpliv organske obremenitve vodnega okolja. Ugotovili smo, da na vrstno pestrost kalov vplivajo značilnosti prispevnega območja, predvsem obraslost kala z lesnatimi rastlinami, oddaljenost kala od najbližjega sosednjega kala in prisotnost rib v kalu. V nasprotju s pričakovanji pa v našem primeru vrstna pestrost ni bila v korelaciji z velikostjo kalov, niti se ni bistveno spreminjala med sezonami.

## KEY WORD DOCUMENTATION

ND Dn

DC  $556.55:57(497.4)(043.2)=163.6$

CX Karst/kali/macroinvertebrates/diversity

AU BUNC, Anja

AA TOMAN, J. Mihael (supervisor)/ZELNIK, Igor (co-advisor)

PP SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 111

PB Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo

PY 2013

TI DIVERSITY OF MACROINVERTEBRATES IN SELECTED KARSTIC PONDS

DT Graduation Thesis (University studies)

NO X, 73 p., 3 tab., 31. fig., 3 ann., 34 ref.

LA sl

AL sl/en

AB Species diversity of macroinvertebrate community was surveyed in eight karst ponds (kali) on Karst plateau in relation to their size, catchment area and other environmental factors. The selected Karst ponds were sampled in four seasons in the period from October 2010 till August 2011 with approximately three-month intervals between samplings. Qualitative sampling of aquatic macroinvertebrates was performed. At the same time we also measured selected environmental parameters. In total 5067 individuals belonging to 79 taxa were determined. The highest number of taxa was found in Komen. The highest numbers of individuals were found in Komen, Lukovec and Tomaj, as a consequence of abundant leading species. The prevailing taxa in ponds were Diptera, Coleoptera, Bivalvia, Gastropoda and Oligochaeta. Among the feeding groups detritivores and predators were predominant. To calculate macroinvertebrate diversity we used the Shannon-Wiener diversity index. It was highest in Komen, which turned out as the most variable Karst pond. Measured environmental variables changed significantly among the seasons. Organic pollution of water is also crucial factor that influences macroinvertebrates in kali. We found out that species diversity of Karst ponds is significantly influenced by the characteristics of catchment area, above all by overgrowth with woody species, the distance of a pond from the closest pond and the presence of fish. Unlike our expectations we detected no correlation between species diversity and the size of the ponds neither it changed essentially among the seasons.

**KAZALO VSEBINE**

	str.
KLJUČNA INFORMACIJSKA DOKUMENTACIJA	III
KEY WORD DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO SLIK	VII
KAZALO PREGLEDNIC	IX
KAZALO PRILOG	X
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 DELOVNE HIPOTEZE .....</b>	<b>3</b>
<b>3 PREGLED OBJAV .....</b>	<b>4</b>
3.1 Kali na Krasu kot poseben tip ribnikov .....	4
<b>3.1.1 Kali in njihove značilnosti.....</b>	<b>5</b>
3.2 Vrstna pestrost ribnikov .....	6
3.3 Pomen makrofitov za vrstno pestrost nevretenčarjev .....	7
3.4 Združbe v kalih.....	7
<b>3.4.1 Nevretenčarji v kalih .....</b>	<b>8</b>
3.5 Pomen kalov za ohranjanje diverzitete .....	8
3.6 Biodiverziteta ribnikov .....	9
3.7 Ustvarjanje novih ribnikov kot vzdrževanje biodiverzitete.....	9
3.8 Varstvo kalov.....	10
3.9 Hidrogeološke značilnosti Krasa .....	11
<b>4 MATERIALI IN METODE .....</b>	<b>12</b>
4.1 VZORČNA MESTA IN OBDOBJE RAZISKAV .....	12
4.2 Opisi vzorčnih mest .....	13
<b>4.2.1 Dobravlje XL1 .....</b>	<b>13</b>
<b>4.2.2 Komen XL2 .....</b>	<b>14</b>
<b>4.2.3 Lukovec L1 .....</b>	<b>15</b>
<b>4.2.4 Tomaj L2 .....</b>	<b>16</b>
<b>4.2.5 Kobjeglava M1 .....</b>	<b>17</b>
<b>4.2.6 Gorjansko M2 .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2.7 Pliskovica S1.....</b>	<b>19</b>
<b>4.2.8 Lukovec S2 .....</b>	<b>20</b>
4.3 VZORČENJE NEVRETENČARJEV .....	21

<b>5</b>	<b>DOLOČANJE NEVREtenČARJEV.....</b>	<b>23</b>
5.1	INVENTARIZACIJA RABE TAL PRISPEVNIH OBMOČIJ .....	23
5.2	MERITVE OKOLJSKIH SPREMENLJIVK.....	25
<b>5.2.1</b>	<b>Meritve fizikalnih in kemijskih parametrov .....</b>	<b>25</b>
5.3	STATISTIČNE METODE .....	26
<b>5.3.1</b>	<b>Shannon-Wienerjev indeks.....</b>	<b>26</b>
<b>5.3.2</b>	<b>Delež prehranskih skupin .....</b>	<b>26</b>
<b>5.3.3</b>	<b>Statistične analize .....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>REZULTATI.....</b>	<b>27</b>
6.1.1	Temperatura vode .....	27
6.1.2	pH.....	30
6.1.3	Elektroprevodnost .....	31
6.1.4	Skupne raztopljene snovi (TDS).....	32
6.1.5	Koncentracija ortofosfatnih ionov ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) .....	33
6.1.6	Koncentracija nitratnih ionov ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	34
6.1.7	Spreminjanje vodostaja v kalih.....	35
6.1.8	Habitatni tipi.....	36
6.1.9	Prisotnost rib v kalu .....	36
6.1.10	Rezultati statističnih analiz.....	37
6.2	BIOLOŠKE ANALIZE .....	38
6.2.1	Sestava nevretenčarske združbe.....	39
6.2.2	Shannon-Wienerjev indeks ( $H'$ ).....	41
6.2.3	Število osebkov .....	42
6.2.4	Delež posameznih taksonov v kalih.....	44
6.2.5	Deleži prehranskih skupin makroinvertebratov .....	52
<b>7</b>	<b>RAZPRAVA.....</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>SKLEPI .....</b>	<b>67</b>
<b>9</b>	<b>POVZETEK.....</b>	<b>68</b>
<b>10</b>	<b>VIRI .....</b>	<b>70</b>
	<b>ZAHVALA</b>	
	<b>PRILOGE</b>	

## KAZALO SLIK

Slika 1: Kal v Dobravljah .....	13
Slika 2: Kal v Komnu (Divči).....	14
Slika 3: Večji kal v Lukovcu .....	15
Slika 4: Kal v Tomaju.....	16
Slika 5: Kal v Kobjeglavi .....	17
Slika 6: Kal v Gorjanskem .....	18
Slika 7: Kal v Pliskovici .....	19
Slika 8: Manjši kal v Lukovcu.....	20
Slika 9: Temperatura vode (°C) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	27
Slika 10: Nasičenost vode s kisikom (%) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	28
Slika 11: Koncentracija raztopljenega kisika (mg/l) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	29
Slika 12: pH v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011.....	30
Slika 13: Elektroprevodnost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	31
Slika 14: Skupne raztopljene snovi (mg/l) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	32
Slika 15: Koncentracija ortofosfatnih ionov merjena pri 690 nm (mg/l) v osmih kalih v obdobju od oktobra.....	33
Slika 16: Koncentracija nitratnih ionov (mg/l) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	34

Slika 17: Število taksonov makroinvertebratov v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	40
Slika 18: Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa (H') na osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	41
Slika 19: Število osebkov makroinvertebratov posameznega vzorčenja v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	43
Slika 20: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Dobravljah v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	44
Slika 21: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Komnu v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	45
Slika 22: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu Lukovec L1 v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	46
Slika 23: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Tomaju v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	47
Slika 24: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Gorjanskem v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	48
Slika 25: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Kobjeglavi v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	49
Slika 26: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Pliskovici v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	50
Slika 27: Delež posameznega nevretenčarskega taksona kala Lukovec S2 v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011 .....	51
Slika 28: Delež posameznih prehranskih skupin v osmih kalih pri prvem vzorčenju (29.oktober.2010) .....	53
Slika 29: Delež posameznih prehranskih skupin v osmih kalih pri drugem vzorčenju (25.februar.2011) .....	54
Slika 30: Delež posameznih prehranskih skupin v osmih kalih pri tretjem vzorčenju (18.maj.2011) .....	55
Slika 31: Delež posameznih prehranskih skupin v osmih kalih pri četrtem vzorčenju (19.avgust.2011) .....	56



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Trajanje vodne faze v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do septembra 2011 .....	35
Preglednica 2: Habitatni tipi v okolici osmih kalov .....	36
Preglednica 3: Korelacije med okoljskimi dejavniki in vrstno pestrostjo združbe nevretenčarjev v izbranih kalih.....	37

## **KAZALO PRILOG**

Priloga A1: tabela podatkov o kalih

Priloga A2: fizikalno-kemijski dejavniki

Priloga A3: makroinvertebratski taksoni najdeni v kalih na Krasu

## 1 UVOD

Človek je že od nekdaj po svoji volji gospodaril z naravo in jo spreminjal po svojih potrebah. Pomagal si je tudi pri pridobivanju vode, ki je osnovna dobrina, nujna za preživetje. Še posebej v sušnih predelih je voda zelo dragocena. Kras je ena izmed takih pokrajin, kjer apnenčasta podlaga prepušča več vode kot jo zadrži. Ljudje so potrebovali vodo za pitje, kuhanje, vzdrževanje osebne higiene in pranje perila. Uporabljali so jo tudi za napajanje živine. Voda se je ob deževju zbirala v kotanjah, ki so jih nato še poglobili in povečali ter jih imenovali kali. Nekatere so tudi obzidali, da živina ni mogla do njih. Tako imenovane lokve, so služile le za potrebe ljudi. Kali so z razvojem in izgradnjo vodovoda izgubili prvotni pomen. Sedaj se mnogi zaraščajo, zasipajo in postajajo odlagališča odpadkov. Z izobraževanjem ljudi in medsebojnim povezovanjem pa so mnogo kalov v zadnjem času obnovili. Kali z vidika oskrbe z vodo niso več pomembni, so pa zato toliko bolj pomembni z biološkega vidika. So edini površinski vodni ekosistemi na Krasu. Postali so središča biodiverzitete in življenjska okolja, tako rastlinskih kot tudi vretenčarskih in nevretenčarskih združb.

V naši raziskavi smo se posvetili preučevanju nevretenčarjev v kalih. Kali so specifična vodna okolja na Krasu. Združba nevretenčarjev v njih pa je le delno poznana. Skozi štiri sezonska vzorčenja v času enega leta smo skušali določiti strukturo in vrstno pestrost združbe nevretenčarjev in njeno spreminjanje skozi letne čase.

Za razumevanje razmer in dejavnikov, ki veljajo za vodno okolje kalov, so prav tako pomembni dejavniki v okolici kala. Vodna telesa so v neposrednem stiku z prispevnim območjem. To je površina, s katere se napajajo vodna telesa (Urbanič in Toman 2003). Prispevno območje je lahko kamnito, gozdno, urbano ali kmetijsko. Največji vpliv ima seveda neposredna okolica, vendar pa tudi širše okolice ne smemo zanemariti. Potrebno je ugotoviti kakšna je raba tal okoli kala. Kali so antropogenega nastanka in so bili od nekdaj namenjeni človekovim potrebam. Živina, ki se je v njih napajala je za sabo puščala tudi določeno količino organskih snovi. V današnjih časih so vnosi snovi v kale posledica sodobnega načina kmetovanja, prometa in drugih načinov človekovega poseganja v naravo. Kmetovanje na Krasu je razvito predvsem v obliki pridelovanja nekaterih vrst

zelenjave, sadjarstva in vinogradništva. V želji po večjem pridelku se ljudje zatekajo tudi k uporabi fitofarmaceutskih sredstev in pretiranem gnojenju tal. Nekateri ljudje pa v kale spuščajo gnojnico. V primeru, da se kali nahajajo ob prometni cesti se vanje lahko stekajo tudi strupene snovi s cestišča. Kali so večinoma izolirani od kmetijskih površin. Obdaja jih lesnata vegetacija, ki je vir organskih snovi. Listje je v nekaterih primerih tudi vir dušika. Še posebej listi robinije (*Robinia pseudacacia*) so bogati s tem elementom. Vrsta je v Sloveniji tujerodna invazivka, splošno razširjena vključno s preučevanim območjem.

Namen naloge je bil na primeru osmih kalov različne velikosti, ki imajo različno kakovost ožjega prispevnega območja, v štirih sezonah, določiti sestavo in vrstno pestrost združb velikih vodnih nevretenčarjev. S pomočjo izbranih fizikalnih in kemijskih analiz vode smo skušali opredeliti abiotsko stanje v kalih ter ugotoviti morebitne vplive na vrstno pestrost nevretenčarskih združb. Z Shannon-Wienerjevim indeksom smo ocenili vrstno pestrost nevretenčarskih združb, z določanjem prehranskih skupin pa ugotoviti katere prehranske skupine nevretenčarjev so v kalih najpogostejše.

## 2 DELOVNE HIPOTEZE

Predpostavljamo da bo:

- vrstna pestrost večja v večjih kalih in se bo manjšala z zmanjševanjem velikosti
- prispevno območje kala vplivalo na vrstno pestrost v njem
- prisotnost rib v kalih zmanjšala vrstno pestrost v kalih
- vrstna pestrost pozimi manjša kakor v drugih sezonah
- vrstna pestrost največja spomladi in jeseni
- vrstna pestrost kalov obdanih s potencialno naravno vegetacijo večja

### 3 PREGLED OBJAV

#### 3.1 Kali na Krasu kot poseben tip ribnikov

Ribniki so majhna, umetna ali naravna vodna telesa, ki stalno ali začasno zadržujejo vodo. slovenski izraz (ang. pond) lahko zavaja, saj v večini tovrstnih vodnih teles niso prisotne ribe. Ribniki kažejo večjo biotično in okoljsko amplitudo kot reke in jezera (Céréghino in sod. 2008). V najširšem smislu lahko pod izrazom presihajoči ribniki (ang. temporary ponds) vključimo širok nabor stoječih vodnih teles, od najmanjših dežnih bazenčkov, ki samo nekaj dni zadržujejo vodo do ribnikov s stalno vodno težo, z izjemo bolj sušnih let. Presihajoči ribniki se nahajajo v okolju, kjer se izmenjujejo sušna obdobja in obdobja z veliko padavin (Collinson in sod. 1994). Ribniki se nahajajo na različnih podlagah kot so: glina, metamorfne kamnine, peščenjak in apnenec. Nekateri se napajajo z površinsko vodo drugi pa z podtalnico. Ribniki, ki ležijo na apnenčasti podlagi imajo relativno visoko alkaliniteto (Nicolet in sod. 2004). Izsuševanje pospešuje razgradnjo/mineralizacijo organskih snovi kar spodbuja produktivnost ribnika, majhna globina ribnikov pa omogoča hitro segrevanje ekosistema spomladi in s tem spodbuja rast rastlin. V teh ribnikih prihaja do hitre oksidacije organskega materiala med suho fazo, kar zmanjša akumulacijo organskih sedimentov. V stalnih ribnikih in jezerih se organski sedimenti nabirajo pod vodo, kjer je čas razpada relativno velik (Collinson in sod. 1994). Ribniki so razmeroma produktivni sistemi. Kakovost vode je določena z biološkimi in kemijskimi procesi, ki so povezani s fotosintezo in respiracijo organizmov v vodi. Vodni sistem je podvržen tudi drugim dejavnikom kot sta klima in topografija. Najbolj temperaturno homogeni so plitkejši ribniki. Ti predstavljajo zadostne pogoje za minimalno temperaturno stratifikacijo, hkrati pa tudi ugodne pogoje za visoko primarno produkcijo. Globlji ribniki lahko dosežejo podobne površinske temperature, vendar pa je temperatura v globini hladnejša (Culberson in sod. 1995).

### 3.1.1 Kali in njihove značilnosti

Glede na definicije, ki jih najdemo v evropskem okviru, so kali posebne vrste ribnikov, kajti izraz "ribnik" (ang. pond) vključuje vsa majhna stoječa vodna telesa med 1m<sup>2</sup> in 2 hektaroma, v območju, ki ponavadi zadržuje vodo vsaj 4 mesece v letu (Collinson in sod. 1994). Po definiciji iz geografskega terminološkega leksikona je kal z vodo trajno ali občasno napolnjena umetna ali naravna kotanja za napajanje živine, značilna za kraški svet. Po velikosti so kali manjši od ribnikov in jezer, po obliki pa najpogosteje ovalni ali okrogli. Povprečen kal naj bi meril v dolžino okrog 18 m, širok naj bi bil nekaj več kot 12 m, ne globlji od 1 m ter z dobrih 200 m<sup>2</sup> površine in 100 m<sup>3</sup> prostornine (Maher, 2007). Ljudje na Krasu so kale od nekdaj izrabljali za oskrbo z vodo. Kali se napolnijo s padavinami, zlivno in površinsko vodo. Izsušijo se zaradi evaporacije in pa neposredno zaradi transpiracije rastlin. Vodo lahko izgubljajo tudi skozi prepustno podlago, kot sta pesek oz. kraška tla (Ghosn in sod. 2010). Študije (Becerra Jurado in sod. 2007) so pokazale povezave med združbami različnih organizmov in pestrostjo ekoloških gradientov, kot so: vodna faza, površina kala, slanost in povezanost med kali.

Kale je treba vzdrževati, v nasprotnem primeru se izsušijo in zarastejo. Hitrost procesa zaraščanja je odvisna od velikosti oz. prostornine kala, od klime in s tem hitrosti razvoja vegetacije ter od geoloških razmer v okolici (Maher 2007). Nekoč so bili kali pomemben dejavnik v življenju ljudi in zato, so jih tudi redno vzdrževali. Prvoten namen kalov je bil napajanje živine. S prisotnostjo živine se je kale tudi najlažje vzdrževalo, saj je ta s teptanjem dna skrbela za nepropustnost kala. V današnjih časih pa so kali pridobili kulturni in etnološki pomen, prav tako pa tudi naravovarstveno vlogo. Majhna ekonomska vrednost teh vodnih teles, je bila vzrok, da jih do nedavno niso cenili dovolj. Vendar pa manjša vodna telesa prispevajo k biodiverziteti na regionalni ravni in igrajo pomembno vlogo pri strateškem varovanju vodnega življa (Davies in sod. 2007). Pri vzdrževanju kalov so mišljeni tisti posegi v vodnati kal, s katerimi ohranjamo obliko in funkcijo vodnega telesa npr. odstranjujemo prekomerno zaraslo rastlinje in prinesene naplavine, utrjujemo bregove, čistimo gladino ali odstranjujemo odpadke (Maher 2007).

### 3.2 Vrstna pestrost ribnikov

Glede na vrstno pestrost vrst in redkost vrst v ribnikih se ti lahko primerjajo z jezeri in rekami (Williams in sod. 2007). Pestrost in smrtnost nevretenčarskih družb je odvisna od valovanja vode, ledu, raztopljenega kisika (Boix in sod. 2007), strukture habitata (Bagella in sod. 2010), nemotenega in neonesnaženega vodnega okolja (Solimini in sod. 2007) ter drugih abiotskih ter biotskih dejavnikov. Gostota ribnikov v krajini nam pomaga določiti vztrajnost metapopulacij redkih vrst (Céréghino in sod. 2008). V raziskavah je bilo dokazano, da so živalske vrste bolj abundantne v bolj kompleksnih habitatih (Bagella in sod. 2010). Obstaja razmerje med vrstno pestrostjo in kakovostjo vode, ribnikom ter značilnostmi krajine. Vrstna sestava združbe vodnih nevretenčarjev v mokriščih je slabo poznana in upravljanje z njimi je v večini primerov usmerjeno na ohranjanje manjšega števila vrst (Boix in sod. 2007). Vrstna pestrost nevretenčarjev je povezana s številom vrst vodnih rastlin. Mnoge vrste, ki jih najdemo v stalnih ribnikih, so najdene tudi v občasnih (Nicolet in sod. 2004). V presihajočih ribnikih se vrstna pestrost povečuje z dolžino poplavne teze. Med nevretenčarskimi združbami stalnih in začasnih ribnikov obstaja neka nepretrgana zveza, tako da vrste živeče v plitkih stalnih ribnikih niso toliko prizadete ob pojavu suše (Collins in sod. 1994). V presihajočih ribnikih, prevladujejo mobilni odrasli osebki, ki se lahko ob suši preselijo oz. aestivirajo (Nicolet in sod. 2004). Za bogatost vrst je pomembna povezanost vodnih teles in drugi okoljski faktorji. Prihaja do negativne korelacije med stopnjo osončenosti in vrstno pestrostjo žuželk (Boix in sod. 2007). Dokazano je bilo (Collinson in sod. 1994), da se stalni ribniki lahko pogosto posušijo do blata, ne da bi to vplivalo na njihovo vrstno pestrost, redkost določenih vrst oz. obliko združbe v naslednjem letu. Vrstna pestrost se zmanjša, ko ena rastlina preraste celoten kal kar pomeni manjšo raznolikost habitatov in to se pokaže tudi v številu živalskih vrst (Maher 2007).



### 3.3 Pomen makrofitov za vrstno pestrost nevretenčarjev

Lastnosti vegetacije so odločilne za zgradbo žuželčjih združb in razporeditev v terestričnih ekosistemih (Bagella in sod. 2010). Če ni vodnega rastlinja, so dominantni maloščetinci, ki se hranijo z detritom iz pelagičnega dela. Nekatere vrste nevretenčarjev pa se pojavljajo le v povezavi z določenimi vrstami makrofitov (Solimini in sod. 2007). Rastlinje za nevretenčarje predstavlja vir hrane, mikrohabitat in zatočišče, predvsem pa skrivališče pred plenilci kot so ribe, plenilski nevretenčarji in ptice (Bagella in sod. 2010). Rastlinje predstavlja tudi skrivališče za plenilce in s tem višji plenilski pritisk na manjše nevretenčarje. Večje število plenilcev je povezano z gostoto vegetacijskega pokrova (Solimini in sod. 2007). Vse pogostejši betonski bregovi in kamniti zidovi, preprečujejo razvoj kompleksnih makrofiskih združb (Zelnik in sod. 2012) in s tem se manjša tudi pestrost mikrohabitatov. Prisotnost potopljenih makrofitov ima velik vpliv na nevretenčarje v ribniku. Potopljeni makrofiti povečajo število ekoloških niš z dodajanjem tretje dimenzije v ekosistem. Nekatere raziskave (Bagella in sod. 2010) govorijo o razlikah v razporeditvi zooplanktona in makrofavne v odvisnosti od razporeditve in strukture vodnega rastlinja. Makrofitska združba je odvisna od značilnosti prispevnega območja in temperature vode. V plitvih lentičnih ekosistemih lahko eutrofikacija povzroči preskok iz bistre vode s prevlado makrofitov v kalno vodo z obilo fitoplanktona (Solimini in sod. 2007). Skupina rastlin, ki jih v kalih pogosto opazimo so parožnice, ki so z rizoidi pritrjene na podlago in preraščajo dno (Maher, 2007).

### 3.4 Združbe v kalih

Kal tvori vodni ekosistem, kjer so neživi dejavniki in živi organizmi v ravnovesju. Med temi organizmi se izoblikujejo zapleteni odnosi. Vsi potrebujejo osnovne življenjske vire in vsaka vrsta potrebuje svojo ekološko nišo. Med vrstami se začnejo vzpostavljati temeljni medvrstni odnosi kot so tekmovanje, plenilstvo, zajedalstvo in sožitje (Maher, 2007). Organizmi v ribnikih so odvisni predvsem od temperature, dostopnosti kisika in raztopljenega kisika (Culberson in sod. 1995).

### 3.4.1 Nevretenčarji v kalih

V kalih najdemo raznolike združbe različnih živalskih vrst, vse od enoceličnih organizmov pa do vretenčarjev. Tudi nevretenčarske združbe niso nobena izjema. Za nevretenčarje je pomembna razdalja do najbližjega ribnika, ki naj bi bila pokazatelj povezanosti. Pomembna je tudi dolžina vodne faze in koncentracije nitratov v vodi (Bagella in sod. 2010). Najpomembnejši okoljski vpliv razporeditve nevretenčarske združbe v presihajočih ribnikih je hidroperioda ali vodna faza (Nicolet in sod. 2004). Prisotnost vode naj bi vplivala tudi na vrstno sestavo nevretenčarske združbe. Več raziskav (Collinson in sod. 1994) je potrdilo, da nudijo presihajoči ribniki prostor manj vrstam nevretenčarjev, kakor stalni. V nekaterih raziskavah (Bagella in sod. 2010) so ugotovili tudi medsebojno odvisnost med raznovrstnostjo nevretenčarjev in površino ribnika. Odsotnost večjih plenilcev, omogoča prisotnost nevretenčarskih skupin, ki se zadržujejo v bolj odprtih vodah (Collinson in sod. 1994). Veliko število nevretenčarskih vrst je dobro prilagojenih na preživetje sušnega obdobja (Boix in sod. 2007). Mnogi nevretenčarji za dokončanje življenjskega cikla potrebujejo vodno fazo, razvili pa so tudi mnoge preživetvene strategije (Florencio in sod. 2009). Nekatero vrste nevretenčarjev se pred izgubo vode v poletnem obdobju zaščitijo tako, da to obdobje prebijejo v mirujočem stanju, s suši prilagojenimi razvojnimi fazami ali ob suši kal zapustijo (Maher, 2007). Določene vrste hroščev in skoraj vse stenice imajo zelo dobre selitvene zmožnosti. Odrasli osebki in njihove larve lahko zapustijo vodo in se zakopljejo v blato, kjer tvorijo puparije ali odporne stadije (Florencio in sod. 2009). Pozimi je gostota žuželčjih populacij nizka, medtem ko pride spomladi do pomembnega porasta v številu in aktivnosti. (Boix in sod. 2007).

### 3.5 Pomen kalov za ohranjanje diverzitete

Nekatere kale še aktivno ohranjajo za namakanje ali napajanje živine; v bližini naselij ali v njih pa jih vključujejo kot turistično zanimivost in v pedagoške dejavnosti ali pa služijo le še kot družabna točka oziroma zbirališče ljudi (Poboljšaj in sod. 2007).

Odsotnost velikih plenilcev, kot so npr. ribe je kritična za ohranjanje specialistov. Specialisti so prebivalci stabilnih okolij z majhno spremenljivostjo ekoloških dejavnikov, zato postanejo v spremenjenem okolju neuspešni in običajno propadejo (Tarman, 1992).

Za ohranitev nevretenčarske biodiverzitete je pomembna visoka povezanost habitata (Florencio in sod. 2009). Medsebojna povezanost kalov v mrežo vodnih biotopov, zagotavlja biotsko pestrost. Z zmanjševanjem števila vodnih biotopov se povečujejo razdalje med obstoječimi, kar otežuje komunikacijo živalskih in rastlinskih vrst med njimi. Majhna površina vodnih biotopov in pogoste spremembe v okolju, pomenijo veliko nestabilnost mreže (Poboljšaj in sod. 2007).

### 3.6 Biodiverziteta ribnikov

V Evropi se vse bolj povečuje zavedanje o pomembnosti ribnikov in o njihovem prispevku k vodni biodiverziteti ter zadrževalni funkciji (Céréghino in sod. 2008). V okolju, kjer zaraščanje zaradi opuščanja rabe tal pomeni tudi upadanje biotske raznovrstnosti, pa je njihov pomen še toliko večji (Čelik in sod. 2005). Skupno zatočišče nudijo več redkim vrstam kot druga vodna telesa. Ribniki so bogati z mikrohabitati, ki jih ponavadi sestavljajo makrofiti. Ustvarjajo nekakšno povezavo med obstoječimi vodnimi okolji in omogočajo prestrezanje hranil, hidrološko regulacijo itd. So tudi pomembni modeli za preučevanje v ekologiji, evolucijski in ohranitveni biologiji (Céréghino in sod. 2008). Ribniki zagotavljajo veliko biodiverzitetu glede na površino, ki jo zasedajo. Ribniki, poplavljeni mokrišča in majhna jezera vsebujejo nesorazmerno veliko število vodnih rastlin in nevretenčarjev glede na druga vodna telesa (Copp in sod. 2007). Predstavljajo idealen model za preučevanje metapopulacij in procesov med njimi in pa za ugotavljanje pomembnosti premikov med vodnimi telesi. Lahko so modeli za kontrolirane študije osnovnih ekosistemskih procesov. Človeški vpliv na okolje pa predstavlja najbolj pomemben faktor v globalnem zmanjševanju njihove vrstne pestrosti (Becerra Jurado in sod. 2007).

### 3.7 Ustvarjanje novih ribnikov kot vzdrževanje biodiverzitete

V zadnjem času se ribnikom priznava pomembna vloga za vzdrževanje vrstne pestrosti dvoživk in makrofitov, nevretenčarjev in različnih vrst ptic. Z ustvarjanjem novih ribnikov bi tako lahko še dodatno prispevali k povečevanju biodiverzitete. Nevretenčarji nove

ribnike naselijo po 3-4 letih, makrofiti pa po 6 letih. Glede na fizikalne in kemijske elemente se novi ribniki zelo razlikujejo od starejših: prevladujoč je neorganski substrat, vegetacije je malo in vsaj v začetnih fazah v njih primanjkuje plenilcev višjega reda. Novejši ribniki so manj organsko obremenjeni s snovmi, ki se nalagajo v sedimentu in so zato potencialno primernejši za naselitev različnih vrst rastlin in nevretenčarjev. V kakovostno ohranjenih krajinah, novi ribniki navadno vsebujejo manjše število vrst kot starejši. Ustvarjanje novih ribnikov je način za ohranjanje vrstne pestrosti v krajini. Novi ribniki bodo s časom, preko kolonizacije s strani različnih organizmov in sukcesije ustvarili nove habitate različnih vrst (Céréghino in sod. 2008). Izgradnja ribnika je relativno preprosta in cenovno ugodna. Tehnike za njihovo izdelavo pa dobro razvite in poznane (Williams in sod. 2007).

### 3.8 Varstvo kalov

Danes je prvotna vloga kalov za lokalno prebivalstvo praktično nepomembna, obenem pa kot edina površinska vodna telesa in mokriščni ekosistemi, pomembno vplivajo na biotsko raznovrstnost (Čelik in sod. 2005). Posledice, ki jih lahko prinesejo globalne spremembe so izumiranje in izguba vrstne pestrosti na račun stresa, stikov z novimi vrstami, izguba in spremembe habitata. Višja evaporacija in spremembe v količini, obliki ter sezonski tvorbi padavin lahko vplivajo na gladino vode. Presihajoči ribniki so še posebej občutljivi, saj so odvisni od količine padavin in so od drugih vodnih teles izolirani (Ghosn in sod. 2010). Območje Krasa je vključeno v sistem pomembnih območij, namenjenih varovanju ptic in pa območij katerih varstvo je izjemnega pomena za ohranjanje evropske naravne dediščine (Čelik in sod. 2005). Ribniki so med najbolj dragocenimi vodnimi telesi, ki jih je tudi najlažje ščititi. Vodni habitati so še posebej ranljivi za človeške vplive in uničevanje habitatov. Mokrišča in manjša vodna telesa kot so ribniki, so velikokrat huje poškodovani (Becerra Jurado in sod. 2007). Intenzivno kmetijstvo ima negativen vpliv na kakovost vode in življenje v vodi. Onesnažila vključujejo hranila in kemikalije za povečevanje proizvodnje pridelka, živalski odpad in FFS ter sedimente zaradi erodirane prsti (Copp in sod. 2007). Presihajoči ribniki so še posebej ranljivi zaradi okoljske degradacije. Zaradi njihovega relativno majhnega volumna in plitkosti jih zlahka ogrozita onesnaževanje in izsuševanje tal (Nicolet in sod. 2004). Nevretenčarske vrste so občutljive na povečanje

hranil in soli (Céréghino in sod. 2008). Kljub dejstvu, da so kali in lokve antropogenega nastanka, je njihovo vzdrževanje smiselno s stališča ohranjanja vrstne, ekosistemske in krajinske pestrosti (Čelik in sod. 2005). Zaradi pomanjkanja zavedanja pomembnosti in neprimernih načinov upravljanja teh ribnikov v okolju pa vse pogosteje prihaja do habitatnih izgub (Nicolet in sod. 2004).

### 3.9 Hidrogeološke značilnosti Krasa

Kras je pokrajina med Tržaškim zalivom, Vipavsko dolino, Brkini in Soško ravnino. Je izrazita apnenčasta planota, ki se v smeri od severozahoda proti jugovzhodu razteza v dolžini 40 km, širini do 13 km in meri približno 440 km<sup>2</sup> (Kranjc, 1999). Nadmorska višina je bila prepoznana kot eden od glavnih okoljskih dejavnikov, ki vplivajo na združbe v ribnikih in bogatost vodnih makrofitov (Bagella in sod. 2010) te pa vplivajo na sestavo združbe nevretenčarjev. Ker je kraških izvirov na tem območju malo, je oskrba z vodo na Krasu temeljila na zbiranju padavinske vode ali kapnice (Gams, 2003). Podnebje je sredozemsko, kar pomeni da so poletja vroča in suha, zime pa mrzle in mokre z mrzlim severovzhodnikom (Kranjc, 1999). Od spomladanskih mesecev je najbolj deževen junij. Najbolj suh mesec je februar, julija pa je dežja najmanj (Petrič, 2005). Kras gradijo zakraseli in dobro prepustni apnenci in dolomiti. Voda je zelo pomembna za nastanek kraškega sveta. Proces zakrasevanja na apnenčastih tleh povzročajo hitro izgubo površinske vode (Solimini in sod. 2007). Na Krasu je zaradi težko dostopnih zalog, velike ranljivosti ter nevarnosti onesnaženja, še posebej dragocena. Čeprav je količina padavin relativno velika, se ljudje na tem območju srečujejo s težavami pri oskrbi s kvalitetno pitno vodo (Petrič, 2005).

## 4 MATERIALI IN METODE

### 4.1 VZORČNA MESTA IN OBDOBJE RAZISKAV

Za namen raziskave smo izbrali osem kalov, ki ležijo na Krasu. Kali se nahajajo na različnih krajih: v Dobravljah, Komnu, Tomaju, Gorjanskem, Kobjeglavi, Pliskovici in v Lukovcu. Kale smo označili s črkami S, M, L in XL. Te oznake se nanašajo na velikost kala, pri čemer oznako S pripišemo najmanjšemu kalu, XL pa največjemu kalu. Dodatno smo kale označili še s številka 1 in 2. Številko 1 smo pridali oznakam kalov z boljšo, naravno rabo prispevnega območja. To naj bi pomenilo, da je večina prispevnega območja takega kala gozd ali katero drugo okolje, čim manj spremenjene rabe. Številka 2 pa naj bi pomenila slabšo rabo prispevnega območja, sestavljenega predvsem iz kmetijskih površin. Največja kala, ki smo ju preučevali sta bila kala v Komnu in Dobravljah. V raziskavi smo med seboj primerjali kale podobnih velikosti. Število vzorcev smo prilagajali glede na število mikrohabitatov v kalih, večinoma je bilo v manjših kalih vzorčnih mest manj, v večjih pa nekoliko več. Njihovo število se je gibalo od dveh do štirih vzorčnih mest na kal. Tudi lokacije vzorčnih mest smo prilagajali različnim kalom, načeloma pa so ta zajemala prisotno vodno rastlinje ali prosto vodo. Raziskava je potekala od 29. oktobra 2010 do 19. avgusta 2011, s približno trimesečnimi vmesnimi presledki.

## 4.2 Opisi vzorčnih mest

### 4.2.1 Dobravlje XL1

Kal se nahaja ob glavni cesti in je poznan tudi pod imenom Zeleno jezero. Substrat v kalu je akal z ilovico in kamni. Breg je položen. Kal leži v večji kotanji, ki jo obdajajo njive in vinogradi. V kotanji se nahaja gojen travnik z mejico in ruderalnimi vrstami. Nad kalom pa se nahaja vas ter sadovnjaki. Tik ob kalu se razširja poplavni travnik. V kalu najdemo rastlinske taksone kot so *Juncus* sp., *Typha* sp. in *Bidens* sp. Kal ni osenčen, saj v bližini ni nobenih dreves. Tudi invazivnih rastlin v bližini kala ni. Za kal ljudje skrbijo tako, da je njegovo prispevno območje redno košeno. Vodo iz kala poleti uporabljajo za namakanje kmetijskih površin, saj je tudi ob suši v kalu dovolj vode. Vanj so naselili ribe.



Slika 1: Kal v Dobravljah

#### 4.2.2 Komen XL2

Kal se nahaja v Komnu, natančneje v predelu Divči. Substrat kala je ilovica. Breg kala je položen. Obdaja ga predvsem iglasti gozd z bori. Vmes najdemo gojen travnik in na obrobju le tega grmišče. Od invazivnih rastlin se tam pojavlja *Robinia pseudacacia*. Na travniku je tudi velik delež ruderalnih vrst rastlin. Na bregu kala se nahaja poplavni travnik, na katerem prevladuje vrsta *Agrostis stolonifera*. V kalu najdemo taksone *Bulboschoenus* sp., *Agrostis* sp. in *Juncus* sp. Od širokolistnih emergentov sta tu prisotna taksona *Ranunculus reptans* in *Alisma* sp. V delu kala s stalno vodo najdemo alge iz rodu *Chara* in nitaste alge. Kal ni osenčen, saj se drevesa nahajajo predaleč. Ta kal ni vzdrževan.



Slika 2: Kal v Komnu (Divči)



#### 4.2.3 Lukovec L1

Kal se nahaja ob glavni cesti iz Lukovca proti Štanjelu. Substrat v kalu sestavlja ilovica s kamni. Levi in desni breg sta na zgornjem robu utrjena. Bregovi kala so skoraj v celoti zaraščeni z gozdom. 10 metrov od kala najdemo suhi travnik z mejicami, kjer prevladuje robinija, prisoten pa je tudi gojen travnik. Gozd sestavljajo predvsem nepionirske vrste. V grmišču najdemo taksona *Rubus* sp. in *Prunus spinosa*. Od lesnatih vrst, ki rastejo na bregu kala sta najpogostejša vrsta *Sambucus nigra* in takson *Acer* sp. Iz kala pa izrašča vrsta *Salix alba*. Vrste emergentnih makrofitov v kalu so *Alisma* sp., *Bidens* sp. in *Lycopus europaeus*. Od plavajočih rastlin se v tem kalu nahaja takson *Lemna* sp. Na bregu kala pa rastejo nitrofilna zelišča kot so *Urtica dioica* in amfibijski *Solanum dulcamara*. Kal je zelo osenčen in tudi veje dreves segajo nadenj. V njem tako najdemo listje in odlomljene veje dreves. Drevesa, ki kal osenčujejo so robinija, vrsti *Fraxinus ornus* in *Sambucus nigra* ter taksona *Rubus* sp. in *Salix* sp. Invazivni tujerodni rastlini sta robinija in *Bidens* sp. Sledov vzdrževanja ni.



Slika 3: Večji kal v Lukovcu

#### 4.2.4 Tomaj L2

Kal leži na severni strani vasi. Substrat sestavlja ilovica s kamni. Breg je utrjen. Kal se nahaja na prehodu med gozdnimi in kmetijskimi ravninami. V okolici so namreč vinogradi, sadovnjaki, gojeni travniki, njive, grmišče in hiše. Tik ob njem teče makadamska pot. Emergentne rastline rastoče v kalu so *Typha* sp., *Alisma* sp., *Epilobium* sp., *Lycopus* sp. in *Juncus* sp. Večino kala zarašča vrsta *Typha latifolia*. Pojavlja se tudi vrsta *Lemna minor*. Na obrobju, ki je občasno poplavljeno najdemo vrsto *Solanum dulcamara* in takson *Epilobium* sp. Zasenčujejo ga drevesa kot so robinija, *Ulmus* sp., *Cornus sanguinea*, *Pinus nigra* in *Populus nigra* kot pionirska vrsta. Vidnih sledi vzdrževanja ni. Izmed invazivk se pojavlja vrsta *Robinia pseudacacia*.



Slika 4: Kal v Tomaju

#### 4.2.5 Kobjeglava M1

Na koncu vasi Kobjeglava stoji kal pri Čotnih. Breg je utrjen s skalami. Tudi dno kala je tlakovano s kamni, substrat pa sestavljata mulj in ilovica. Celoten breg in peta brega sta utrjeni. Na enem delu brega je večja gmota skal, ki sestavljajo nekakšen suhozid z značilnimi rastlinskimi vrstami. Nad kalom se razprostira ruderalno travišče, vinograd, njiva, suh ter gojen travnik in ozara. Na gojenem travniku raste vrsta *Medicago falcata*. Taksoni antropogenega grmišča pa so *Hedera Helix*, *Clematis* sp., *Rubus* sp., *Rosa* sp. in *Sambucus nigra*. Od tujerodnih invazivnih rastlin najdemo v bližini *Ailanthus altissima*. Kal je delno zasenčen. Na njem je opaziti tudi posledice človeškega vzdrževanja. Ob kalu se nahaja pot, v bližini pa so hiše. Ob zadnjem vzorčenju smo v kalu opazili ribe.



Slika 5: Kal v Kobjeglavi

#### 4.2.6 Gorjansko M2

Kal se nahaja ob glavni cesti, ki pelje iz Gorjanskega proti Brestovici. Kot substrat se v kalu pojavlja ilovica z muljem in kamni. Zgornji rob brega je utrjen in deloma obzidan. Kal v Gorjanskem obdaja gozdna mejica sredi suhega travnika. Tu najdemo grmišče, ki ga sestavljajo taksoni *Prunus* sp., *Ligustrum vulgare* in *Paliurus spina-christi*. Drevesa in skale ob kalu so obraščeni z mahom. Z roba kala izraščata vrsti *Salix cinerea* in *Salix alba*. Osenčenost kala je velika. Lesnati taksoni, ki ga zasenčujejo so: *Rubus* sp., *Juniperus* sp., *Prunus mahaleb*, *Salix alba*, *Salix cinerea*, *Crataegus monogyna* in *Fraxinus ornus*. Razmerje med kotojanjo, ki jo napolnjuje voda, in kotojanjo na dnu katere se nahaja kal, je pri tem kalu minimalno. Na tleh ob kalu najdemo še sejance kopenskih rastlin. Tujerodnih invazivnih rastlin tu nismo opazili, sledov vzdrževanja prav tako ne.



Slika 6: Kal v Gorjanskem

#### 4.2.7 Pliskovica S1

Ob cesti, ki pelje od vasi Pliskovica proti Velikemu Dolu najdemo manjši kal. Substrat kala v Pliskovici je ilovica in mulj. Breg je položen. V bližini kala se nahaja gojen travnik in gozdni otok. S severne in zahodne strani kal obdaja lesnata vegetacija. Med drevesi prevladuje vrsta *Robinia pseudacacia*. Tik ob kalu oz. v njem rastejo vrbe vrste *Salix cinerea* in *Salix caprea*, ki ga tudi zasenčujejo. Osenčujejo ga še taksoni *Corylus avellana*, *Ulmus* sp., in robida. Več vrst različnih listnatih dreves pomeni, da v vodo pade več listja. Tujerodni invazivni rastlini, ki tu raste sta *Helianthus tuberosus* in robinija. Veliko je ruderalnega rastlinja. V okolici se nahaja še suh travnik, antropogeno grmičevje, gozd in njiva. V kalu samem najdemo rastline kot so *Alisma* sp. in *Iris pseudacorus*. Amfibijska rastlina je *Galium palustre*, potopljena pa *Chara* sp.



Slika 7: Kal v Pliskovici

#### 4.2.8 Lukovec S2

Ta, manjši kal se nahaja ob kolovozu pod vasjo Lukovec. Substrat v kalu je ilovica. Breg je položen. Okolico kala poraščajo predvsem ruderalne vrste, ki jih štejemo med večletne plevele, kot so: *Artemisia vulgaris*, *Daucus carota*, *Picris hieracioides* in *Cichorium intybus*. V antropogenem grmišču najdemo taksoni *Rubus* sp., *Sambucus nigra* in robinijo. Mejico ob kalu pa sestavljata oreh in robinija. Del kala obrašča gozd v katerem je večinoma prisotna vrsta *Robinia pseudacacia*. V bližini kala se nahaja njiva ter gojen travnik, ki ga preraščajo koprive, kar kaže, da so tla bogata z dušikom. Najdemo tudi suhi travnik združbe *Festuco-Brometum*. V samem kalu se nahaja takson *Bidens* sp., ki je emergentna širokolistna rastlina ter vrsta *Typha latifolia*, ki kal skoraj prerašča. V okolici samega kala rastejo tudi posamezna drevesa kot so gaber, češnja in robinija. Osenčenost kala je delna. Poleg robinije je prisotna tudi tujerodna invazivna rastlina *Conyza canadensis*. Vidnih sledov vzdrževanja ni.



Slika 8: Manjši kal v Lukovcu

### 4.3 VZORČENJE NEVREtenČARJEV

Naše vzorčenje je bilo kvalitativno in je potekalo od 29. oktobra 2010 do 19. avgusta 2011. Vzorčili smo na različnih delih kalov, s čimer smo skušali povzorčiti vse mikrohabitate, ki smo jih v kalu opazili. Vzorce smo vzeli tako v prosti vodi kot v sestojih, ki so jih gradile različne vrste vodnih makrofitov. V manjših kalih smo vzeli po dva vzorca, v večjih pa maksimalno štiri. Na vsaki lokaliteti smo vzorčili štirikrat in sicer v obdobju različnih letnih časov.

Vzorčili smo z ročno mrežo (velikost odprtin v mreži je 0,5 x 0,5 mm). Z njo težje ujamemo hitro gibajoče se osebkke. Dobro se obnese predvsem pri vzorčenju habitata s submerznimi makrofiti. Njene zmožnosti se zmanjšajo ob prisotnosti goste vegetacije, ker ta zmanjša gibljivost mreže in ob tem lahko pride do pobega hitrejših organizmov (Becerra Jurado in sod. 2007). V kalu smo vzorčili nevretenčarje tako, da smo sprva z brcanjem dvignili substrat, nato pa z mrežo in delanjem osmic zajeli vodo, skupaj s substratom in organizmi, ki so se med brcanjem dvignili v prsto vodo. Vzorec ujet v mrežo smo nato poskušali sprati, tako da smo mrežo večkrat potopili v vodo in pri tem pazili, da nam katera od živali ni ušla. Vzorec smo iz mreže preložili v polivinilasto vrečko z označbo, če je na mreži ostala še kakšna žival, smo jo previdno prijeli s pinceto in jo prenesli v vrečko. Vzorec smo fiksirali z alkoholom. Vzorce smo do pregleda v laboratoriju shranili v plastičnih vedrih.

Pozimi so bili kali zamrznjeni, zato smo morali led ponekod odstraniti s kladivom. Na mestu, kjer smo led odstranili, smo vzeli vzorec. V opoldanskih urah se je led, v osončenih kalih že začel taliti. Na drugem mestu smo nato vzeli še vzorec vode in opravili fizikalne meritve. Mrežo je bilo zaradi ledu težje spirati. Vzorec iz mreže smo postavili v banjico in iz nje pobrali večje kose ledu. Vzorec smo nato postavili v banjico in za tem s pinceto pobrali ostale živali iz banjice in mreže same.

Maja, ko je bil manjši kal v Lukovcu suh, smo si za zajem vzorca pomagali z vedrom s katerim smo na približno 20 cm potegnili po dnu in s tem zajeli sediment. Tudi pri drugih kalih je bila razlika v višini vode očitna, zato smo v primerjavi z prejšnjima vzorčenjema vzeli manj vzorcev. Tudi merjenje z oksimetrom je bilo nekoliko oteženo pa tudi redkejšo, saj ta ni pravilno deloval.

V laboratoriju smo vzorec na situ sprali in tako odstranili odvečno blato in detrit. Spran vzorec smo postavili v plastično posodo iz katere smo ga nato zajemali z žlico. V banjico smo nalili nekaj vode in nato postopoma dodajali manjše količine vzorca. Vzorec smo tako lahko lažje pregledali. Najdene živali smo spravljali v fiole s 70% alkoholom. Fiole smo nato do vrha napolnili z alkoholom in vanje dodali etikete iz paust-papirja.



## 5 DOLOČANJE NEVRETEŃARJEV

Združbo makroinvertebratov predstavljajo vodni nevretenčarji, ki pri vzorčenju ostanejo v mreži z odprtini 0,5 x 0,5 mm. Običajno so to organizmi, večji od 1 mm, vidni s prostim očesom (Urbanič in Toman, 2003).

Nevretenčarje smo določili do različnih taksonomskih ravni, kjer je bilo mogoče do vrst. Živali smo nato prešteli, opremili z ustreznimi etiketami in shranili v 70 % alkoholu.

Določali smo po naslednjih določevalnih ključih:

- Oligochaeta: Brinkhurst R. O. (1963),
- Hirudinea: H. Tachet (2000),
- Gastropoda: Bole J. (1969) in Glöer P. (2002),
- Bivalvia: Bole J. (1969),
- Megloptera: Tachet H. (2000),
- Coleoptera: Tachet H. (2000),
- Diptera: Tachet H. (2000),
- Odonata: Tachet H. (2000),
- Heteroptera: Adults of the British aquatic Hemiptera heteroptera (a key with ecological notes), Savage A. A, Nilsson A. (1999).

### 5.1 INVENTARIZACIJA RABE TAL PRISPEVNIH OBMOČIJ

Poleg vzorčenja smo določali še rabo tal okoli kalov. Pri določanju rabe tal smo si okolico kala v radiju 50-100 m natančno ogledali, jo uvrstili v HT (habitatni tip) in kartirali. Najprej smo si zapisali ali so tla obdelana ali na njih raste le naravno rastje. Natančno smo razdelali kakšen del zavzema določeno rastje oz. kateri habitatni tipi so v kulturni krajini prispevnega območja. To smo vrisali v zemljevid okolice kala in poleg rabe tal vpisali tudi delež, ki ga je le ta zavzemala. Bližnjo okolico kala smo popisali s pomočjo obrazcev za pregled rečnih habitatov (RHS, 1997), ki vsebujejo deset popisnih točk. Ker so ti obrazci

prilagojeni za opisovanje rečnih sistemov, smo jih nekoliko prilagodili našim razmeram. V neposredni okolici kala smo opisovali dejavnike v štirih pasovih, ki so zavzemali naslednja območja:

- tik ob robu vode
- 1 m proč od roba vode
- v območju od 3 m do 5 m proč od roba vode
- v območju 10 m proč od roba vode

Pri določanju teh območji smo si pomagali z leseno palico dolgo 1 m, z dvema lesenima palicama povezanimi s 5 metrsko vrvjo ter z dvema lesenima palicama povezanimi z 10 metrsko vrvjo. Te palice smo zapičili v zemljo in si s tem pomagali pri določanju dolžine in širine odsekov. V teh pasovih smo opisali predvsem prisotno rastje, ki bi lahko potencialno vplivalo na razmere v kalu. Opisali smo tudi značilnosti brega, kot so vidne spremembe brega, profil brega, višino, zaraščenost in druge značilnosti. Breg smo razdelili v osnovi na dva dela, na levi in desni breg. Pri večjih kalih pa celo na tri dele, kar nam je olajšalo opisovanje njegovih značilnosti. Opisali smo še rabo zemljišč znotraj metrskega in 5-metrkega pasu ter strukturo vegetacije na bregu. Določili smo tipe vegetacije, ki se nahaja v samem kalu. Sem spadajo alge, mahovi, plavajoče in potopljene rastline ter amfibijske rastline. Posvetili smo se tudi opazovanju dreves, ki rastejo okoli kala in še pomembnejše, krošenj, ki lahko kal zasenčujejo in ga zapolnjujejo z listi ali odmrliimi lesenimi deli. Zastrtost kala z drevesnimi krošnjami smo ocenili v odstotkih, na podlagi opazovanja na terenu. S pomočjo metra smo določili širino in dolžino kotanje v kateri se kal nahaja in pa njeno višino. Ena izmed točk obrazca je zahtevala tudi pregled tujerodnih invazivnih vrst v bližini in pa vprašanje o prisotnosti jelš. Označili smo še sledove človekovega vzdrževanja kala.

## 5.2 MERITVE OKOLJSKIH SPREMENLJIVK

### 5.2.1 Meritve fizikalnih in kemijskih parametrov

V vsakem kalu smo na različnih vzorčnih mestih z oksimetrom (WTW Multi 340i/CelloX 325) izmerili temperaturo vode ( $^{\circ}\text{C}$ ), koncentracijo raztopljenega kisika ( $\text{mg/L}$ ) in nasičenost vode s kisikom (%), s konduktometrom elektroprevodnost ( $\mu\text{S/cm}$ ) in s pH-metrom pH. Izmerili smo še skupne raztopljene snovi ( $\text{mg/L}$ ) in slanost (%). V vsakem kalu smo odvzeli tudi vzorce vode in v laboratoriju določili koncentracijo nitratov ( $\text{mg/L}$ ) in ortofosfatov ( $\text{mg/L}$ ). Pri merjenju fizikalnih dejavnikov v kalih smo se osredotočili na temperaturo, nasičenost s kisikom in raztopljeni kisik v vodi, pH, prevodnost, skupne raztopljene snovi, koncentracijo fosfatov ter nitratov v vodi. Omejitvev pri takem vrednotenju je ta, da so dobljeni rezultati odraz trenutnega stanja, saj se fizikalne in kemijske značilnosti v vodotoku hitro spreminjajo, tudi med dnevom (Urbanič in Toman, 2003).

Litrške plastične posode smo do roba napolnili z vodo iz kala. Posode smo čez noč po vzorčenju postavili v hladilnik oz. v zamrzovalnik, če analiz nismo opravili takoj naslednji dan. Vodo smo analizirali in ugotavljali koncentracijo ortofosfatnih in nitratnih ionov v njej. Koncentracijo nitratnih ionov smo določili z metodo z natrijevim salicilatom, koncentracije ortofosfatnih ionov z metodo s kositrovim (II) kloridom. Analize smo opravili po protokolih navedenih v skripta Varstvo celinskih voda (Urbanič in Toman, 2003).

### 5.3 STATISTIČNE METODE

#### 5.3.1 Shannon-Wienerjev indeks

Za prikaz vrstne pestrosti nevretenčarjev smo uporabili Shannon-Wienerjev indeks ( $H'$ ) (Washington, 1984) (enačba 3). Ta indeks je eden izmed najbolj razširjenih indeksov za vrstno pestrost združb. Njegove prednosti so, da ni odvisen od površine, s katere so bili vzorci pobrani in je brez dimenzijski. Odvisen je od sezone in taksonomske ravni organizmov. Osnovna domneva je, da čim višja je vrednost  $H'$ , tem večja je vrstna pestrost, ki je posledica manjše obremenjenosti. To pa ne drži vedno. Neobremenjeni izvorni deli vodotokov imajo lahko zelo nizke vrednosti  $H'$ , ker na vrednosti  $H'$  vplivajo še drugi abiotski dejavniki in ne le obremenitev ekosistema (Kereži, 2007).

$$H' = - \sum p_i \times \log_2 p_i \dots \dots(1)$$

kjer je:

$p_i$  – delež  $i$ -tega taksona.

#### 5.3.2 Delež prehranskih skupin

Taksone nevretenčarjev smo glede na način prehranjevanja uvrstili v šest prehranskih skupin, ki jih določa Fauna Aquatica Austriaca (Moog, 1995): drobilci, strgalci, filtratorji, detritivori, plenilci in drugi. Deleže prehranjevalnih skupin nevretenčarske združbe v posameznem vzorcu smo izrazili v odstotku in jih prikazali na grafih.

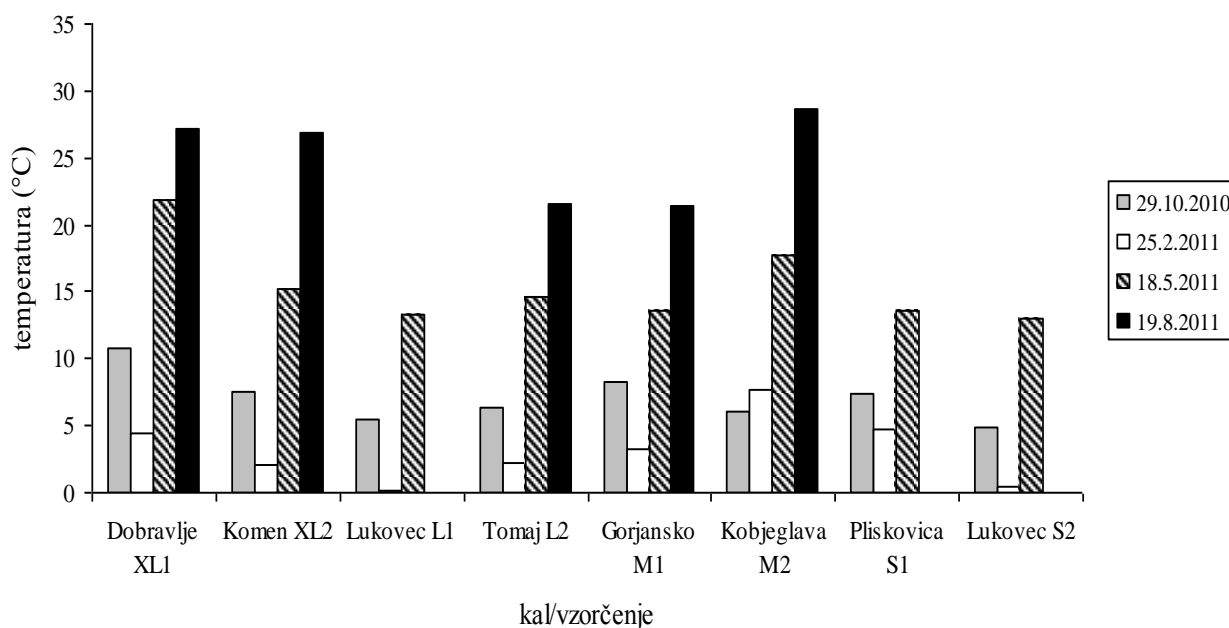
#### 5.3.3 Statistične analize

Za ugotavljanje korelacije med okoljskimi dejavniki in vrstno pestrostjo nevretenčarjev združbe smo izbrali Spearmanov koeficient korelacije, zato ker so nekatere spremenljivke dobljene s pomočjo ocenjevanja in niso merjene. Korelacije smo izračunali s pomočjo programa SPSS. Statistične razlike v številu taksonov najdenih v vzorcih iz različnih sezon (podatki v Prilogi A3), smo testirali s t-testom.

## 6 REZULTATI

### 6.1.1 Temperatura vode

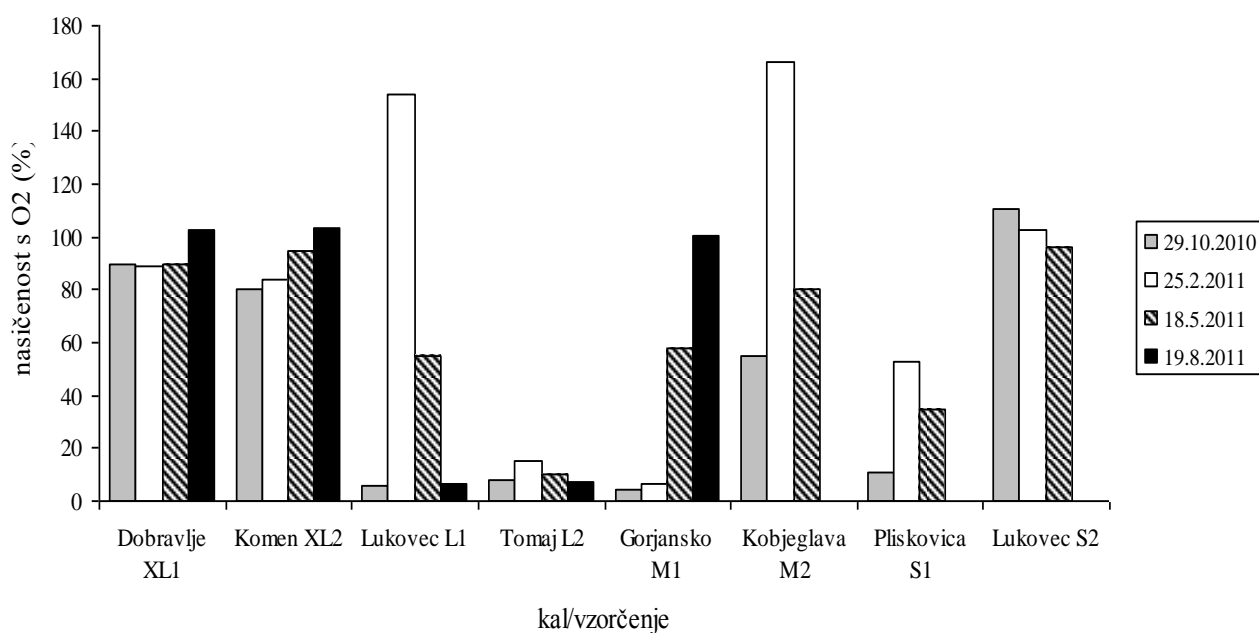
Temperatura se je spreminjala v povezavi z letnim časom. Najvišja je bila konec avgusta, najnižja pa konec februarja. Temperatura med kali je nihala, vendar brez večjih odstopanj. Najnižja je bila izmerjena pozimi v obeh kalih Lukovca kjer je dosegla vrednost med 0,2 °C in 0,4 °C. Oba kala sta bila zamrznjena. Najvišje pa se je povzpela poleti v Kobjeglavi z vrednostjo 28,7 °C. Kal v Kobjeglavi je manjši in izpostavljen sončni svetlobi. Res pa je tudi, da so bili nekateri kali poletizsušeni in tako nismo mogli priti do podatkov o temperaturi in drugih dejavnikih.



Slika 9: Temperatura vode (°C) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

## 6.1.1.1 Nasičenost vode s kisikom

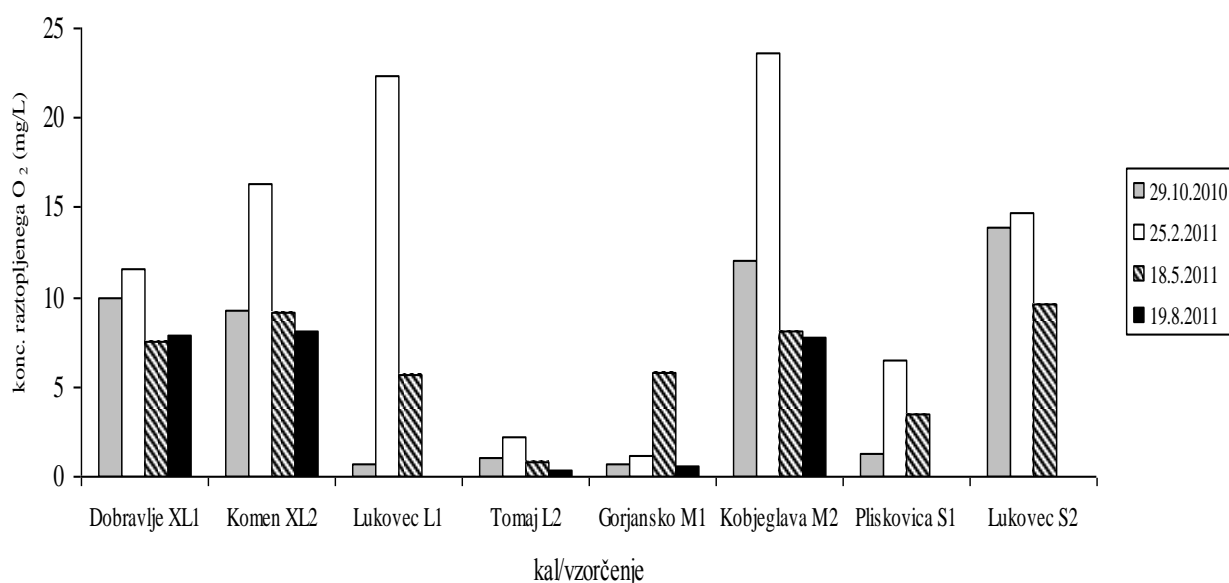
Nasičenost s kisikom je bila v večini primerov najvišja pozimi, najnižja pa v jeseni. Najvišja izmerjena vrednost je pozimi v Kobjeglavu znašala 166 %, najmanjša pa je bila izmerjena jeseni v Gorjanskem. Znašala je 4,5 %.



Slika 10: Nasičenost vode s kisikom (%) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

### 6.1.1.2 Koncentracija raztopljenega kisika

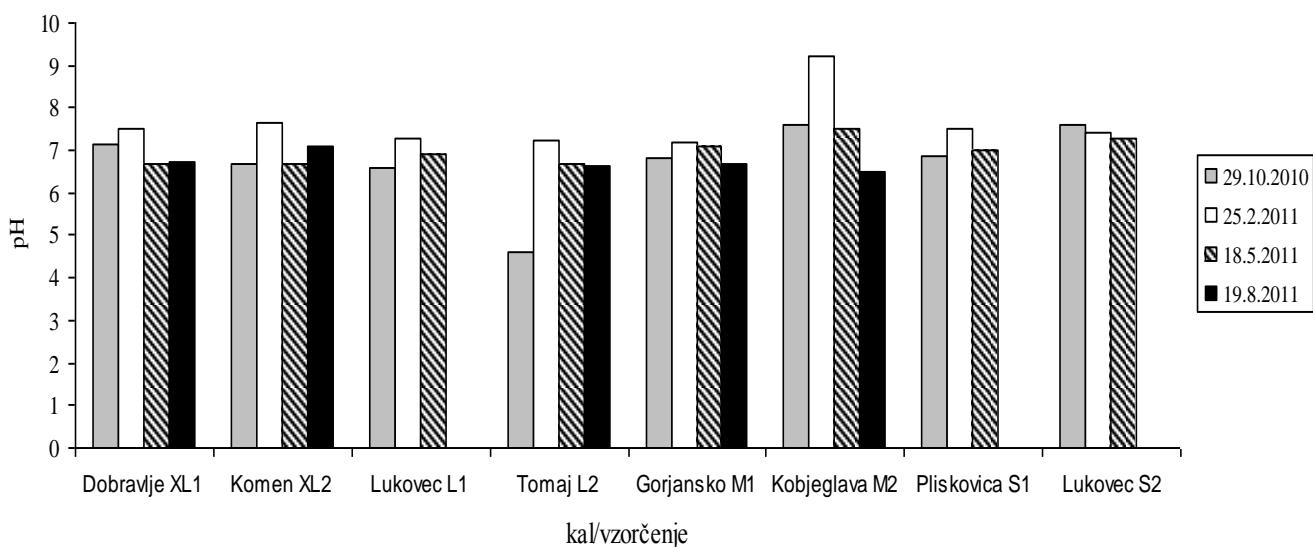
Vrednosti raztopljenega kisika v vodi so bile prav tako najvišje pozimi in najnižje poleti. Najvišjo vrednost smo izmerili pozimi v Kobjeglavi in je znašala 23,6 mg/L, najnižjo pa poleti v Tomaju z vrednostjo 0,3 mg/L. Vrednosti pod 2 mg/L naj bi povzročale smrt rib in drugih organizmov (Urbanič in Toman, 2003).



Slika 11: Koncentracija raztopljenega kisika (mg/L) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

### 6.1.2 pH

Vrednosti pH so bile najvišje pozimi in najnižje jeseni. Najvišjo vrednost smo izmerili pozimi v Kobjeglavi, z vrednostjo 9,2; najnižjo pa jeseni v kalu v Tomaju z vrednostjo 4,6. pH v Kobjeglavi je bil bazičen, medtem ko je bil tisti v Tomaju v kislem območju.

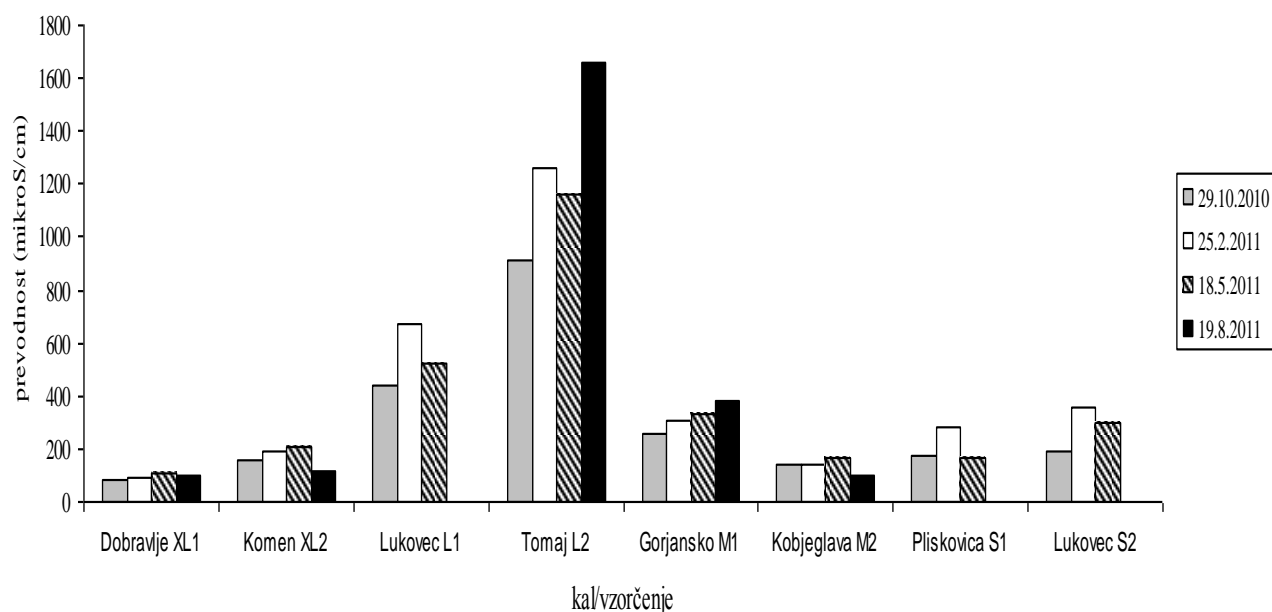


Slika 12: pH v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011



### 6.1.3 Elektroprevodnost

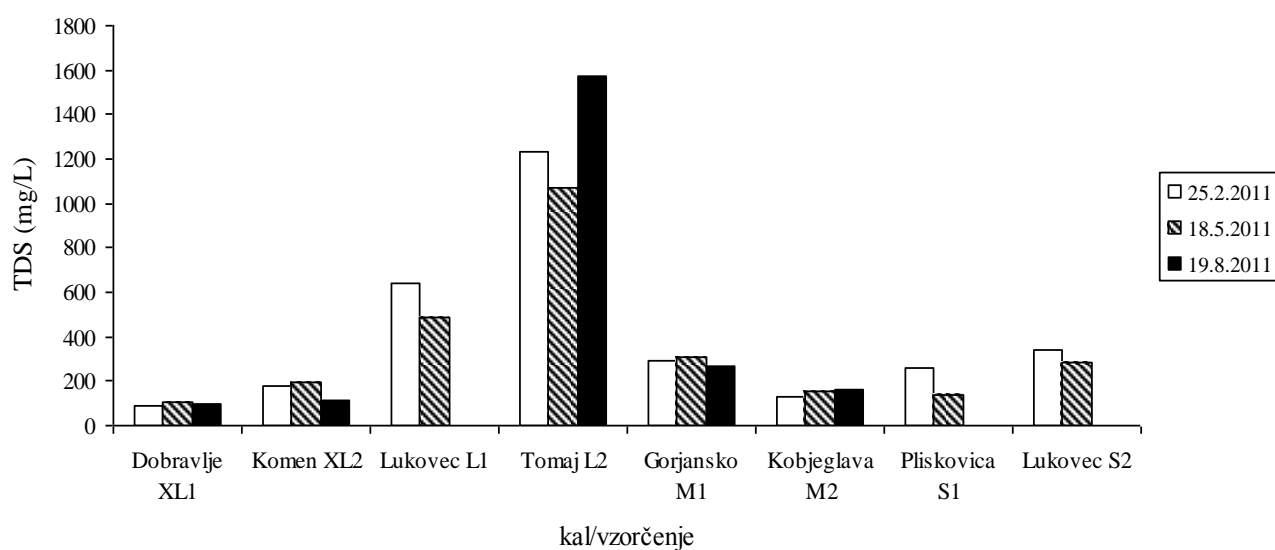
Prevodnost je bila v splošnem največja pozimi in najmanjša jeseni. Najvišja vrednost je znašala 1264  $\mu\text{S}/\text{cm}$  in je bila izmerjena pozimi v Tomaju, najmanjša pa je bila izmerjena jeseni v Dobravljah in je znašala 85  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Vrednosti nad 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  so značilne za mineralno močno obremenjene vode (Urbanič in Toman, 2003).



Slika 13: Elektroprevodnost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

#### 6.1.4 Skupne raztopljene snovi (TDS)

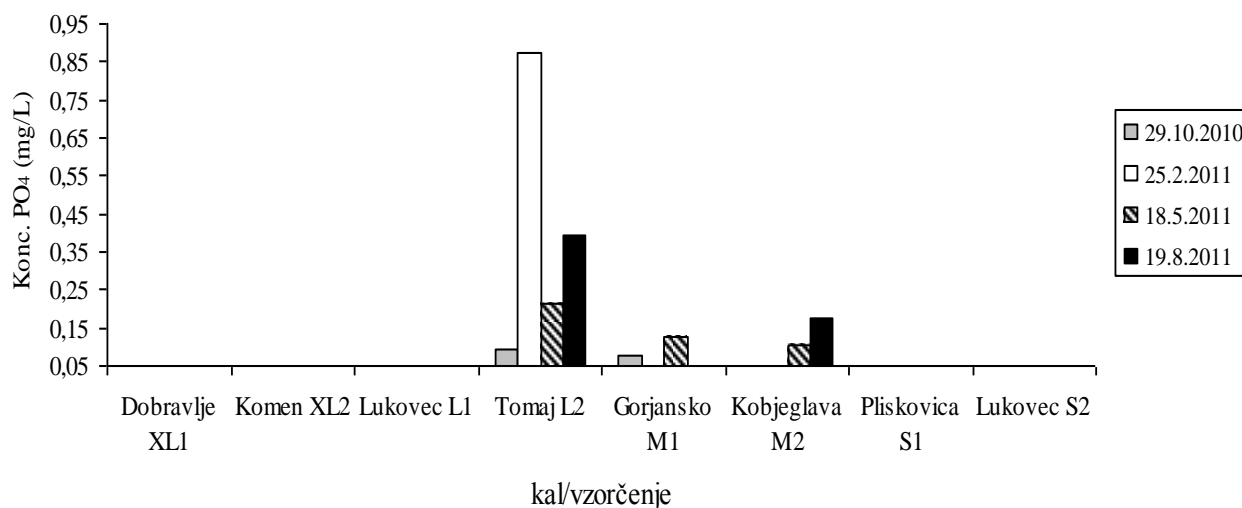
Koncentracijo raztopljenih delcev v vodi smo začeli spremljati šele pri drugem vzorčenju. Koncentracija raztopljenih delcev je odvisna predvsem od snovi, ki v kal pritekajo in se raztapljajo v vodi. Največja koncentracija le teh je poleti v Tomaju znašala 1569 mg/L, najmanjša pa je bila pozimi v Dobravljah, kjer je znašala 86 mg/L.



Slika 14: Skupne raztopljene snovi (mg/L) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

### 6.1.5 Koncentracija ortofosfatnih ionov ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

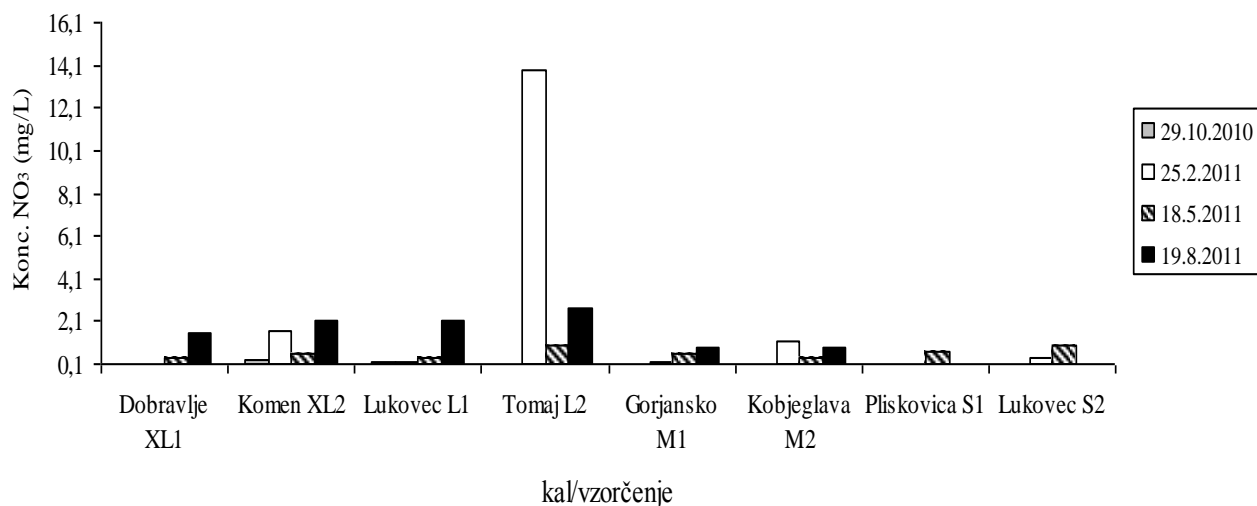
Koncentracije fosfatov smo določali pri valovni dolžini svetlobe 690 nm. Pri večini kalov so bile koncentracije fosfatov pod mejo zaznavanja. Nad njo so bile le koncentracije ortofosfatnih ionov v kalih v Tomaju, Gorjanskem in Kobjeglavi. Od teh je imel najvišje koncentracije kal v Tomaju, koncentracije ostalih dveh pa so bile dokaj nizke. Najvišja vrednost v Tomaju je bila izmerjena pozimi in je znašala 0,29 mg/L, spomladi pa 0,25 mg/L, kar nakazuje prisotnost določenih onesnažil.



Slika 15: Koncentracija ortofosfatnih ionov merjena pri 690 nm (mg/L) v osmih kalih v obdobju od oktobra

### 6.1.6 Koncentracija nitratnih ionov ( $\text{NO}_3^-$ )

Koncentracije nitratov so bile skoraj v vseh kalih nad mejo detekcije. Najvišjo koncentracijo je zopet imel kal v Tomaju, kjer smo pozimi izmerili vrednost 13,9 mg/L, najnižja pa je bila izmerjena pozimi v Lukovcu L1 in je znašala 0,17 mg/L. Koncentracije nad 10 mg/L naj bi nakazovale prisotnost komunalnih in industrijskih voda (Urbanič in Toman, 2003).



. Slika 16: Koncentracija nitratnih ionov (mg/L) v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011



### 6.1.8 Habitatni tipi

Glede na število najdenih habitatov v prispevnem območju so bili med najbolj pestrimi kal v Kobjeglavi, Tomaju in Dobravljah. Vendar so ti habitatni tipi predvsem kmetijska zemljišča in rezultat različne rabe tal. Temu potrjujejo tudi rezultati, ki v teh kalih kažejo na majhno raznolikost živalstva. Kali v Komnu, Lukovcu, Gorjanskem in Pliskovici so obdani z gozdom in nekoliko bolj naravnim rastjem, kar jasno nakazuje tudi večja vrstna pestrost nevretenčarskih združb, ki smo jih tam zabeležili.

Preglednica 2: Habitatni tipi v okolici osmih kalov

HABITATNI TIP	IME KALA							
	Dobravlje XL1	Komen XL2	Lukovec L1	Tomaj L2	Gorjansko M1	Kobjeglava M2	Pliskovica S1	Lukovec S2
gozd								
poplavni travnik								
suhi travnik								
mejica								
gojen travnik								
ruderalno travišče								
antropogeno grmišče								
njiva								
sadovnjak								
vinograd								

### 6.1.9 Prisotnost rib v kalu

Prisotnost rib smo zaznali v dveh vzorčenih kalih in sicer v Kobjeglavi ter Dobravljah. Ribe so v kal zanesli ljudje. Njihova prisotnost pa je negativno vplivala na nevretenčarje živeče v obeh kalih.

## 6.1.10 Rezultati statističnih analiz

Povprečno število taksonov v kalu je v pozitivni korelaciji ( $p < 0,05$ ) z zastrtostjo kala z drevesnimi krošnjami. Večja je zastrtost, več opada jeseni predstavlja alohtone organske snovi. V zastrtih kalih je manjša verjetnost, da bo prišlo do cvetenja alg ali cianobakterij.

Skupno število taksonov je v negativni korelaciji ( $p < 0,05$ ) z oddaljenostjo od najbližjega kala, kar je v skladu z pričakovanji.

Shannon-Wienerjev indeks (povprečje) je prav tako v pozitivni korelaciji ( $p < 0,05$ ) z zastrtostjo s krošnjami.

Shannon-Wienerjev indeks je tudi v negativni korelaciji s pH ( $p = 0,06$ ) in v pozitivni korelaciji s prevodnostjo ( $p = 0,1$ ).

Preglednica 3: Korelacije med okoljskimi dejavniki in vrstno pestrostjo združbe nevretenčarjev v izbranih kalih.

povprečja parametrov	korelac. koeficienti					
	povprečno št. taksonov na vzorec		št. taksonov v vseh vzorcih		SW indeks - povprečje	
	Koeficient korelacije	<i>p</i>	Koeficient korelacije	<i>p</i>	Koeficient korelacije	<i>p</i>
nasicenost O <sub>2</sub> (%)	-,61	,12	-,04	,93	-,50	,21
koncentracija O <sub>2</sub> (mg/L)	-,41	,30	,11	,79	-,29	,47
pH	-,57	,14	-,01	,97	-,69	,06
prevodnost (µS/cm)	,44	,28	,09	,82	,62	,10
T vode (°C)	-,19	,64	-,43	,29	-,31	,46
koncentracija NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	,41	,31	,44	,27	,55	,16
zastrtost s krošnjami (% kala)	,74*	,03	,11	,79	,70	,05
Št. HT epilitoralu	-,40	,32	-,11	,79	-,06	,89
Št. HT v 10m pasu	-,18	,68	,03	,94	-,29	,48
Št. HT v 50m pasu	-,62	,10	-,09	,93	-,43	,29
oddaljenost od najbližjega sosednjega kala	-,32	,44	-,83*	,01	-,24	,57
dolžina vodne faze	,08	,84	-,49	,21	,12	,77
Globina vode	-,21	,62	-,08	,84	,13	,76
Povrsina vode	,17	,69	-,01	,98	,38	,35

## 6.2 BIOLOŠKE ANALIZE

Kvalitativno in kvantitativno sestavo združbe nevretenčarjev smo prikazali s seznamom taksonov, številom taksonov in številom osebkov.

Določili smo 11 višjih taksonov nevretenčarjev: Gastropoda, Bivalvia, Oligochaeta, Hirudinea, Ephemeroptera, Odonata, Heteroptera, Trichoptera, Megaloptera, Coleoptera, in Diptera.



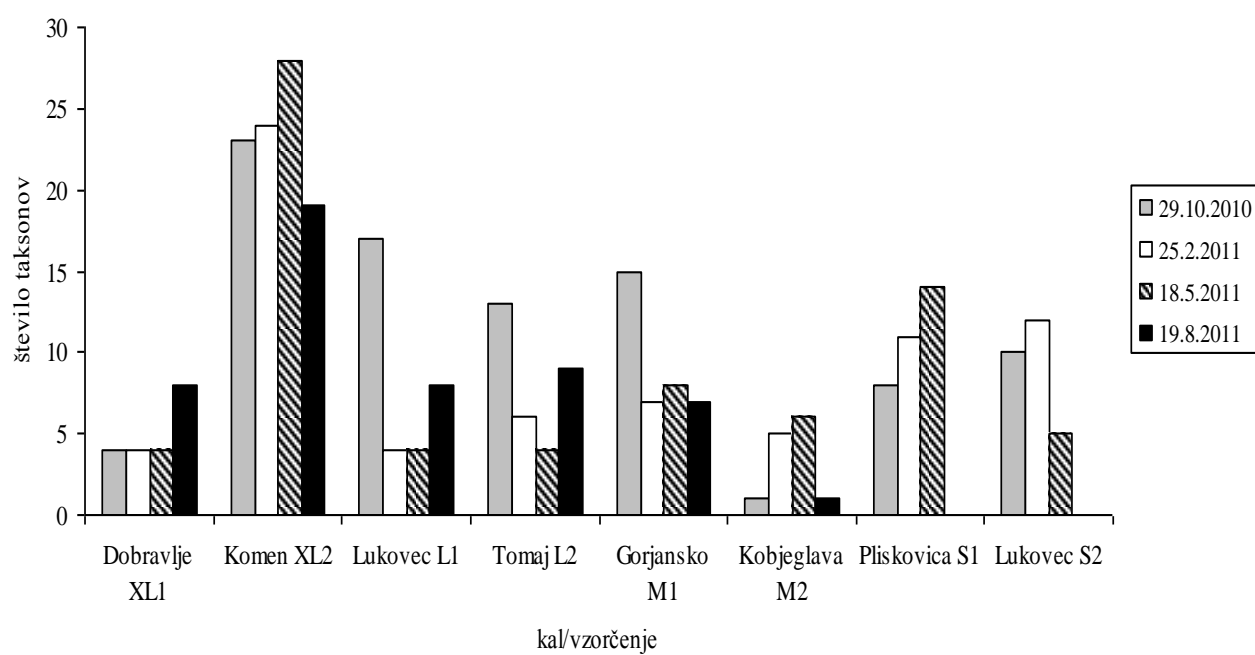
### 6.2.1 Sestava nevretenčarske združbe

V 32 vzorcih (58 podvzorcih) smo določili 79 taksonov, od tega 37 do vrste. Razlog za nizko indentifikacijo vrst so bile predvsem taksonomsko zahtevne skupine, kot so Oligochaeta, Trichoptera in Diptera.

V kalu v Dobravljah smo določili 12 taksonov, v Komnu 48 taksonov, v večjem kalu v Lukovcu 22 taksonov, v Tomaju 16 taksonov, kala v Gorjanskem in Kobjeglavi sta imela po 11 taksonov, kal v Pliskovici 24 taksonov ter manjši kal v Lukovcu 18 taksonov. Število taksonov v kalih ni bilo stalno, ampak se je s sezono spreminjalo. Najmanj se je spreminjalo število vrst v Komnu, najbolj pa v Kobjeglavi. Največ taksonov smo našli v Komnu in sicer skupaj 48, najmanj taksonov, pa v Gorjanskem in Kobjeglavi in sicer 11.

Največje število osebkov smo našli oktobra v komenskem kalu in sicer 597 osebkov, od tega sta imela največjo številčnost vrsti *Noterus crassicornis* in *Noterus clavicornis* (Coleoptera). Najmanjše število osebkov pa smo našli v avgustovskem vzorčenju v Kobjeglavi, kjer smo našli le en osebek. K temu najbrž botruje dejstvo, da je bila v času zadnjega vzorčenja velika suša. Vode je bilo zelo malo, poleg tega pa smo v kalu našli tudi ribe.

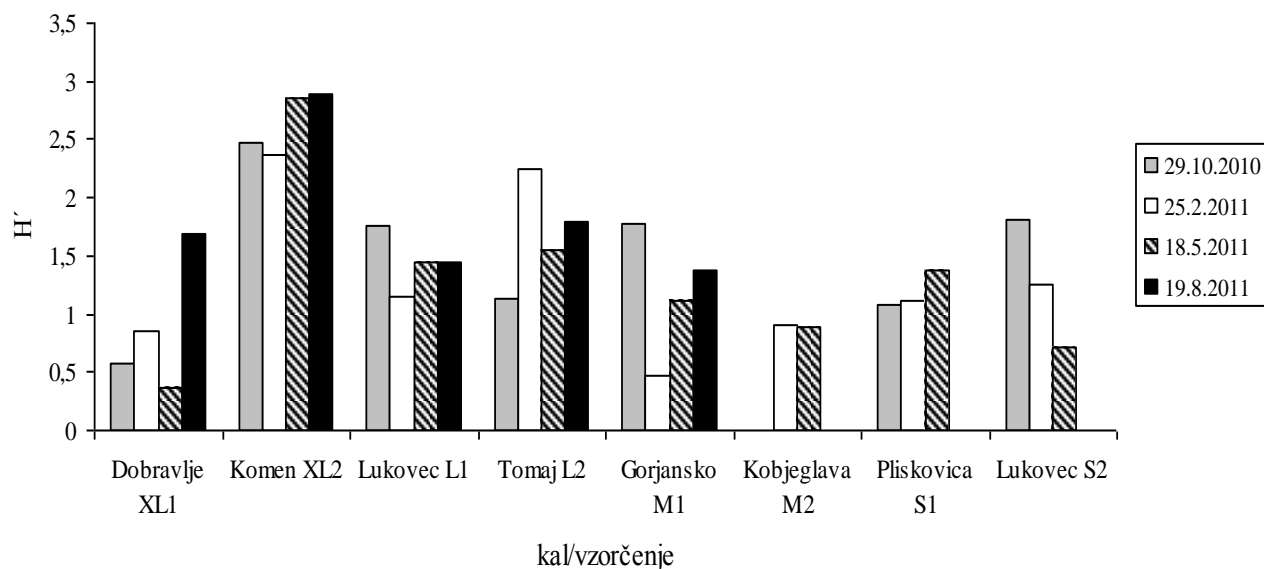
V času jesenskega vzorčenja smo določili 50 taksonov, v času zimskega in spomladanskega vzorčenja 42 taksonov ter pri poletnem vzorčenju 32 taksonov. V jesenskem vzorčenju je bila najpogostejša larva hrošča rodu *Cyphon*. Pri zimskem vzorčenju je številčno prevladovala dipterska poddružina Tanypodinae, prav tako pri spomladnem vzorčenju. V poletnem vzorčenju je bila najbolj številčna larva iz rodu *Stratiomys* (Diptera).



Slika 17: Število taksonov makroinvertebratov v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

### 6.2.2 Shannon-Wienerjev indeks ( $H'$ )

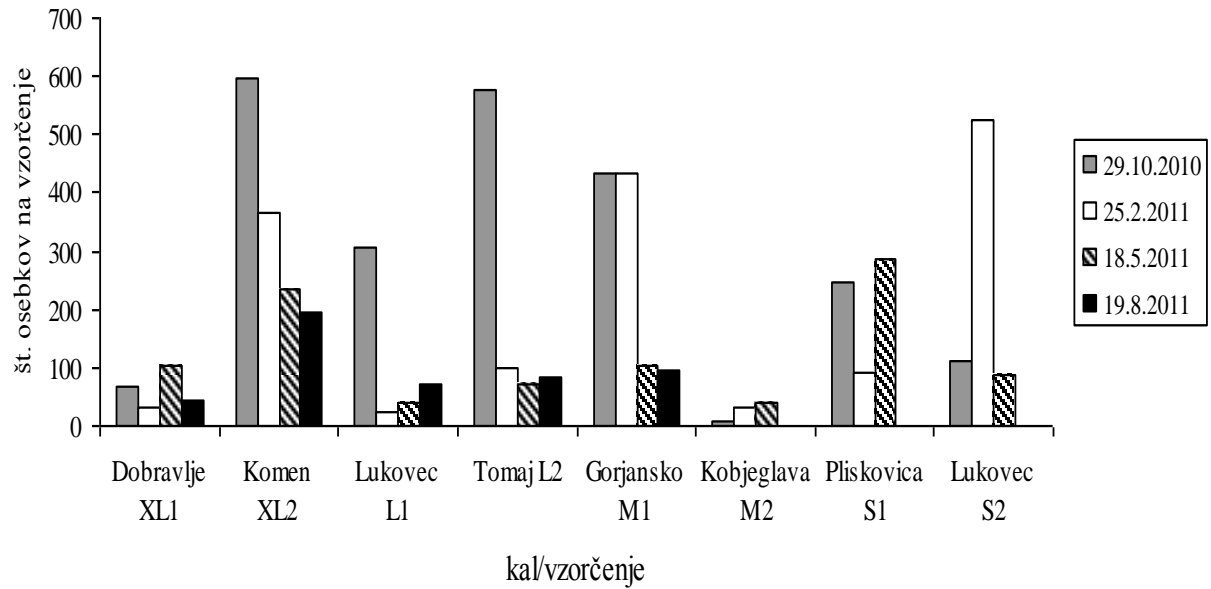
Največjo vrednost SW indeksa smo izračunali pri avgustovskem vzorcu iz Komenskega kala, natančneje iz vzorčnega mesta, kjer so rasle parožnice. Najnižjo vrednost pa pri vzorcu odvzetem oktobra na dveh vzorčnih mestih v Dobravljah, Kobjeglavi in na enem vzorčenem mestu v Pliskovici. V splošnem pa je bila vrstna pestrost v Kobjeglavi najmanjša.



Slika 18: Vrednosti Shannon-Wienerjevega diverzitetnega indeksa ( $H'$ ) na osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

### 6.2.3 Število osebkov

Skupno število osebkov posameznega vzorčenja se je med sezonami spreminjalo. Ne moremo na splošno reči v kateri sezoni je bilo število osebkov največje, saj se ta podatek spreminja od kala do kala. Število vseh prešteti osebkov je znašalo 5067. Največje število osebkov smo našli jeseni v Tomaju in Komnu ter pozimi v manjšem kalu v Lukovcu. V kalu v Dobravljah je bilo največje število osebkov naštetih v poletnem obdobju. Večji kal v Lukovcu in Gorjanskem sta imela največ osebkov jeseni. V kalih v Pliskovici in Kobjeglavi pa smo največje število osebkov našli v spomladanskem obdobju. V vzorcih se v posameznih sezonah pojavljajo dominantni taksoni z velikim številom osebkov, ki pripomorejo k končni oceni številčnosti. V Komnu so bili to predstavniki rodu *Noterus*, v Tomaju ličinke hroščev iz rodu *Cyphon*, v Lukovcu pa poddružina dvokrilcev Tanypodinae. Kal v Dobravljah je imel drugo najmanjše število osebkov vseh vzorčenj, čeprav je to največji kal. Dominanten takson vseh štirih vzorčenj v kalu je bila dipterska poddružina Tanypodinae. Največji delež te skupine smo zaznali maja, avgusta pa nismo zaznali njene prisotnosti. Dominantna vrsta v Komnu je bil vodni hrošč *Noteus crasicornis*. Največ osebkov smo prešteli v oktobrskem vzorčenju, najmanj pa v maju. Vodilna vrsta vzorčenja v večjem kalu v Lukovcu je bila *Pisidium casertanum*. Ta je bila najpogostejša v oktobrskem vzorčenju, pozimi pa najredkejša. Obstaja možnost, da se je v tem delu leta zakopala v substrat. Kal v Tomaju je bil, glede na število osebkov med najbolj številčnimi. Predvsem je k temu doprinesla gostota ličink hrošča iz rodu *Cyphon*. Ta je bil dominanten takson tudi v prvem vzorčenju. V kasnejših vzorčenjih pa je njegovo vlogo prevzela vrsta vodnega polža *Radix ovata*. Tudi v Gorjanskem smo našli pri zimskem vzorčenju veliko število osebkov iz rodu *Cyphon*. Sicer pa so prevladovali maloščetinci (Oligochaeta). Dominantno vrsto v prvih treh vzorčenjih v kalu v Kobjeglavi je predstavljala poddružina Tanypodinae. V kalu v Pliskovici je bil najštevilčnejši vodni polž vrste *Radix ovata*, ki je bil najbolj pogost v maju in najmanj v februarju. V manjšem kalu v Lukovcu je bila najbolj številčna poddružina Tanypodinae. Največ osebkov smo našli pri februarjem vzorčenju, najmanj pa pri oktobrskem.

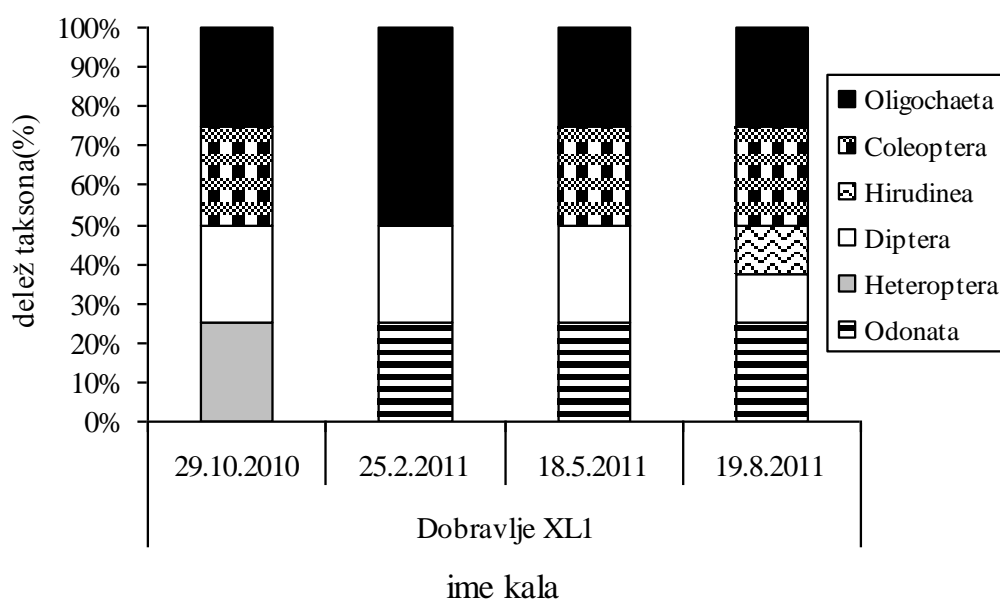


Slika 19: Število osebkov makroinvertebratov posameznega vzorčenja v osmih kalih v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

## 6.2.4 Delež posameznih taksonov v kalih

### 6.2.4.1 Dobravlje XL1

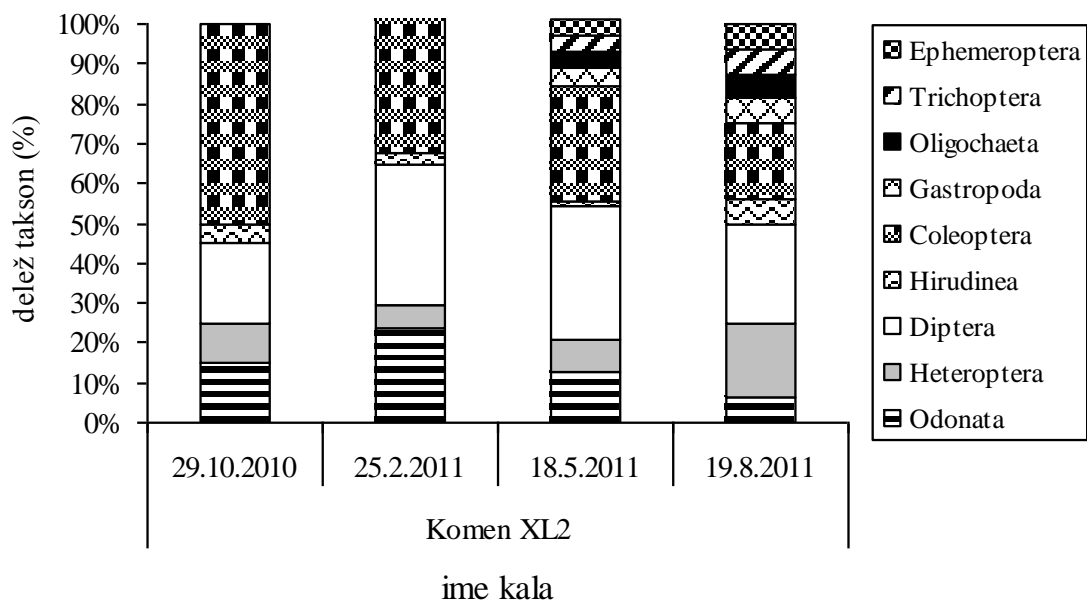
Dobravljški kal je velik, a sta njegova vrstna pestrost in število osebkov zelo majhna. Kal v Dobravljah je bolj homogen, obdajajo ga intenzivno gojeni travniki, v bližini so le posamezna drevesa, vodnih makrofitov pa je v kalu malo. Posledično v tem kalu ni toliko ekoloških niš. Pomemben dejavnik, ki znižuje vrstno pestrost je tudi prisotnost rib v kalu. V Dobravljah smo našli le 12 taksonov, kar je štirikrat manj kot v Komnu. Zanimivo je to, da je bila vrstna pestrost prvih 3. vzorčenj enaka, poleti pa se je povečala. Pozitivna lastnost tega kala je, da je dovolj globok in ga poletna suša toliko ne prizadene. V nasprotju z drugimi kali, je bilo v njem še vedno dovolj vode. Nevretenčarske skupine so bile ob prvem in tretjem vzorčenju gledano na njihove deleže dokaj izenačene. V ostalih dveh vzorčenjih pa je prevladoval takson Oligochaeta.



Slika 20: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Dobravljah v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

## 6.2.4.2 Komen XL2

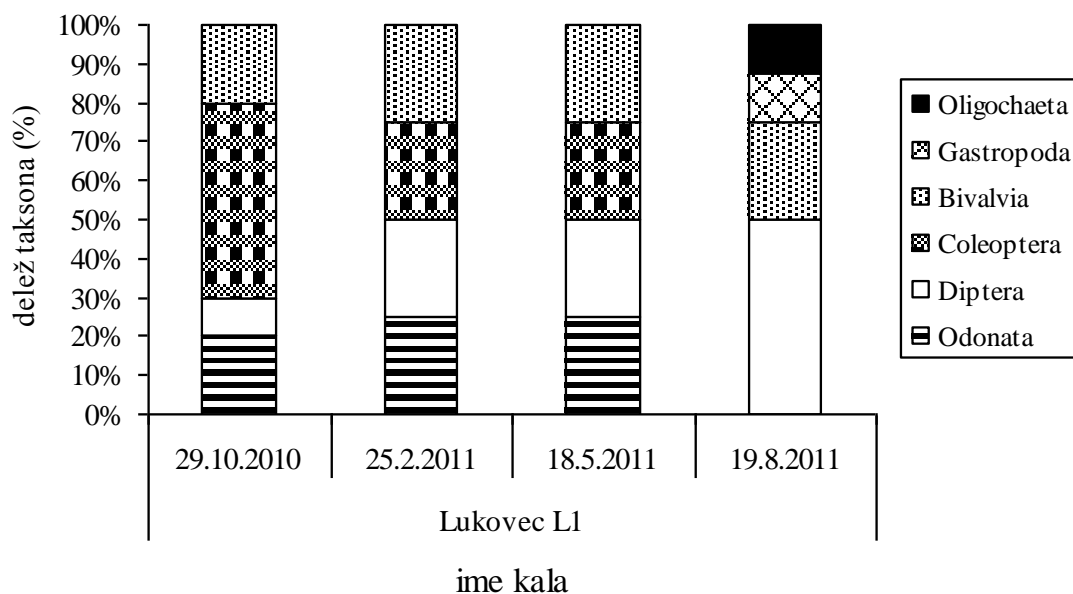
Kal v Komnu je zelo raznolik, strukturiran, večji del preraščajo različni tipi vodne vegetacije nekoliko stran od njega raste gozd. Ima torej številne lastnosti, ki povečujejo vrstno pestrost. Je kal z najvišjo vrstno pestrostjo nevretenčarjev in velikim številom osebkov. V Komnu smo z vzorčenjem določili 48 taksonov, pri čemer je bila vrstna pestrost v pomladnem vzorčenju največja, konec poletja in pozimi pa najmanjša. Spomladi so bile prisotne ličinke živalskih skupin, ki takrat začnejo svoj razvoj v vodi. Poleti so se nekatere izmed teh že razvile v odrasle osebe. Pozimi pa so bile vzrok za zmanjšanje, nizke temperature in zaledenela voda. Komenski kal je bil tako po številu osebkov kot po vrstni pestrosti najbolj pester kal. V jesenskem vzorčenju so prevladovali vodni hrošči, v drugem in tretjem vzorčenju pa sta si bila taksona Coleoptera in Diptera enakovredna. Pri četrtem vzorčenju smo opazili največjo pestrost taksonov, prevladujoče pa so bile dipterske larve. V vseh vzorcih so bile prisotne pijavke. Pijavke so plenilci, katerih delež je navadno konstanten v odnosu do drugih skupin.



Slika 21: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Komnu v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

## 6.2.4.3 Lukovec L1

Kal v Lukovcu je obraščen z gozdom in zato vanj pada velika količina opada. V kalu najdemo vodne makrofite. Vrstna pestrost tega kala je bila dokaj velika, medtem ko je bilo število osebkov manjše. Našteli smo 22 taksonov z največjo diverzitetjo v jesenskem vzorčenju. Najmanjša pa je bila pri zimskem in pomladnem vzorčenju. Mogoče rezultat jesenskega vzorčenja sovpada z odpadanjem listov dreves. V tem času je v kal padlo veliko listja, ki je za nevretenčarje v njem, vir hrane. V tem kalu so bili prisotni tudi filtratorji. Pri jesenskem vzorčenju je bil delež vodnih hroščev največji. Pri drugem in tretjem vzorčenju so se deleži školjk, hroščev, ličink dvokrilcev in ličink kačjih pastirjev med seboj enakomerno porazdelili. Pri poletnem vzorčenju je izrazito prevladoval takson Diptera.

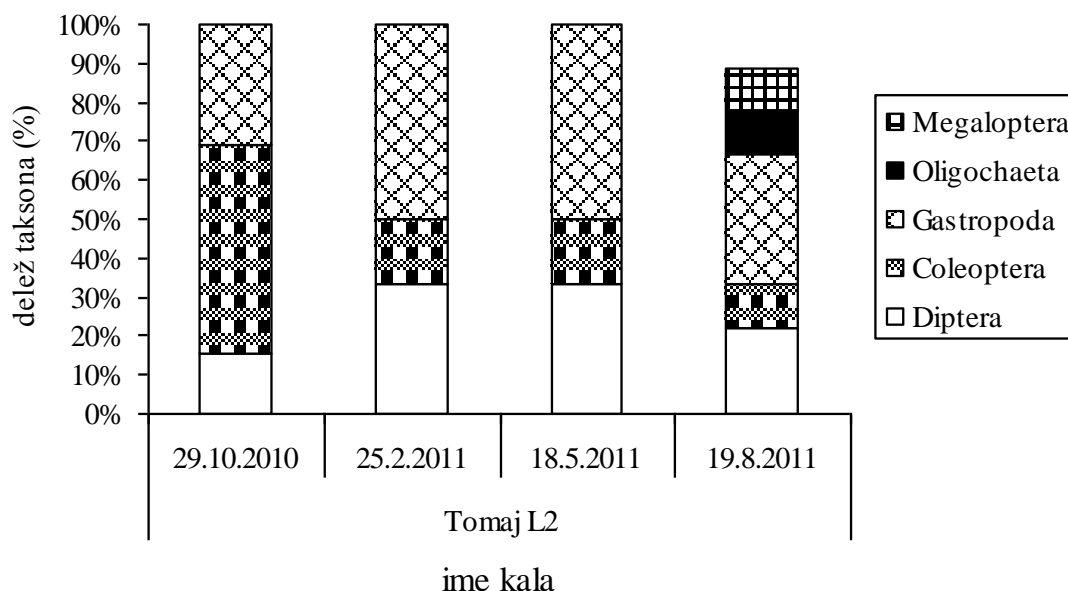


Slika 22: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu Lukovec L1 v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011



## 6.2.4.4 Tomaj L2

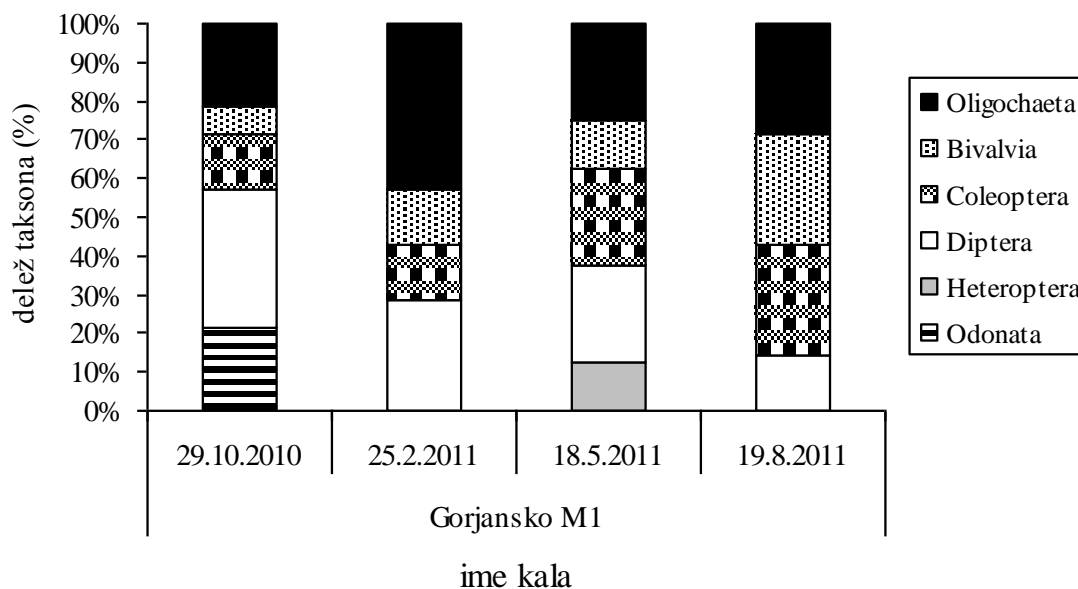
Kal v Tomaju je bil najbolj onesnažen kal, v katerem smo vzorčili. Predvidevali smo, da se vanj izteka gnojnica iz bližnjega hleva. Kljub temu smo v njem našli 16 taksonov, največ v jesenskem vzorcu. Pomladno vzorčenje je pokazalo najmanjšo vrstno pestrost. V jesenskem vzorčenju so imeli največji delež vodni hrošči, v ostalih treh pa vodni polži. V kalu smo našli tudi predstavnika mrežekrilcev vrste *Sialis lutaria*. V drugih kalih tega taksona ni bilo. Ta kal prav tako obdajajo drevesa, v njem je dosti emergentnih makrofitov in prerašča ga vodna leča. V bližini pa so kmetijske površine.



Slika 23: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Tomaju v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

## 6.2.4.5 Gorjansko M1

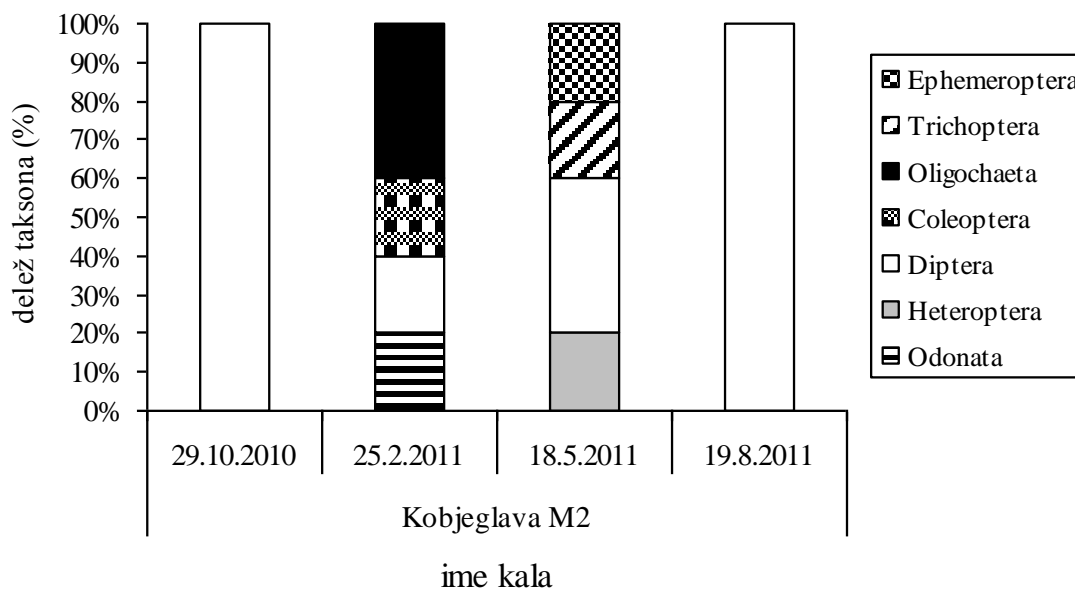
Kal v Gorjanskem je obraščen z drevesi, zaradi pomanjkanja svetlobe pa v njem ni veliko vodnih rastlin. Del krošenj sega nad kal, v kalu najdemo tudi vrbe. V njem smo našli 11 taksonov nevretenčarjev. Največja vrstna pestrost je bila prisotna pri jesenskem vzorčenju, pri čemer lahko opazimo podobnost s prej omenjenim kalom v Lukovcu. Število osebkov tega kala je bilo skoraj tako visoko kot pri kalu v Komnu. Tudi pri kalu v Gorjanskem je bilo jeseni prisotno veliko odpadlega listja. Pri jesenskem vzorčenju je prevladoval takson Diptera, pri drugem pa se je njegov delež zmanjšal in njegovo mesto je prevzel takson Oligochaeta. V majskem in avgustovskem vzorčenju sta bila ta dva taksona izenačena skupaj z taksonom Coleoptera.



Slika 24: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Gorjanskem v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

## 6.2.4.6 Kobjeglava M2

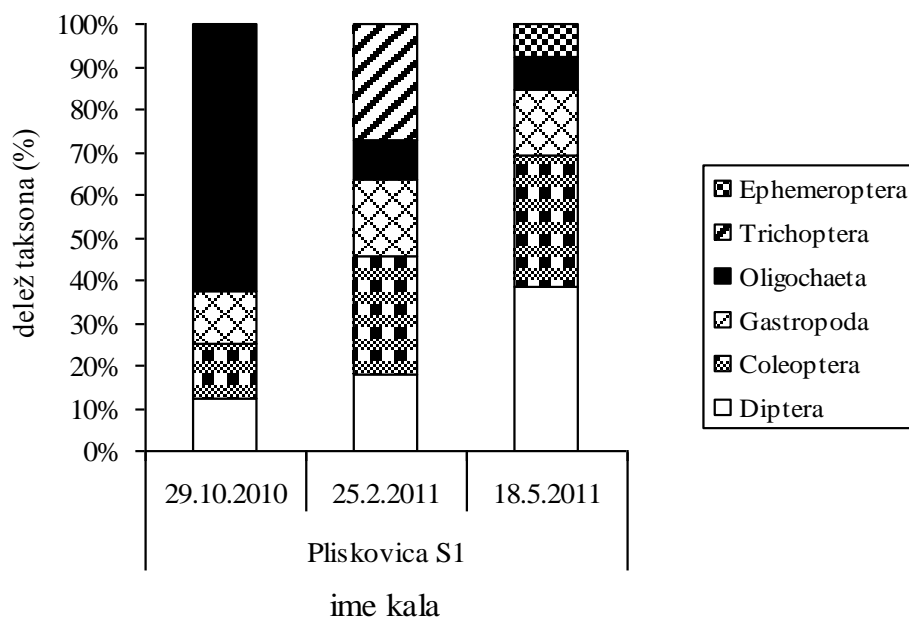
Kal v Kobjeglavi leži v agrarni krajini, v neposredni bližini ni nobenih dreves pa tudi v samem kalu je zelo malo makrofitov. Tamkajšnji prebivalci namreč kal pogosto očistijo in pri tem izrujejo rastlinje. Dno kala je tlakovano s kamni in zelo homogeno, kar pomeni še manj primernih mikrohabitata za nevretenčarje. Poleg tega smo pri zadnjem vzorčenju, ko je v kalu primanjkovalo vode, opazili tudi prisotnost rib. Glede na vse te dejavnike, ni presenetljivo, da ima kal majhno vrstno pestrost, prav tako pa tudi najmanjše število osebkov. V njem smo našli skupaj 11 taksonov, kar je enako številu taksonov najdenih v Gorjanskem. Vendar pa smo kar pri dveh vzorčenjih in sicer poletnem ter jesenskem, v vzorcu našli samo eno vrsto iz taksona Diptera. Največja vrstna pestrost je bila v spomladanskem vzorcu, kjer smo našli štiri taksone. Prevladoval je takson Oligochaeta. V majskem vzorčenju so imele največji delež larve dvokrilcev.



Slika 25: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Kobjeglavi v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

## 6.2.4.7 Pliskovica S1

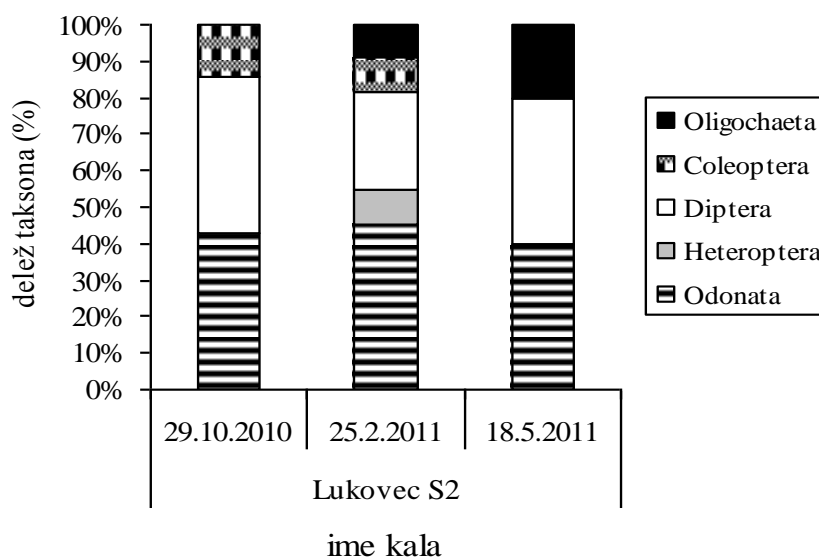
Kal v Pliskovici je obraščen z drevesi in antropogenim grmiščem. V njem najdemo tudi različno vodno rastlinje. Kot habitat je pester in to se kaže tudi v številu najdenih taksonov, ki jih je bilo 24. To ga postavlja takoj za Komenski kal. Število prisotnih osebkov je bilo nekoliko nižje. V oktobrskem vzorčenju je bil prevladujoč takson Oligochaeta. Največjo pestrost v zimskem obdobju sta kazala taksona Trichoptera in Coleoptera. Tu smo našli tudi različne predstavnike mladoletnic. V ostalih kalih je bila namreč zastopana le ena vrsta. V tretjem vzorčenju je bilo največ osebkov taksona Diptera, sledil pa mu je takson Coleoptera. Največjo diverzitetu smo ugotovili spomladi, torej v času tretjega vzorčenja. Pri zadnjem vzorčenju je bil kal suh, tako da vzorca nismo mogli odvzeti.



Slika 26: Delež posameznega nevretenčarskega taksona v kalu v Pliskovici v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

## 6.2.4.8 Lukovec S2

Kal v Lukovcu leži v kmetijski krajini, z ene strani je obdan z antropogenim grmiščem, na drugi pa se nahaja intenzivno gojen travnik. Kal je zaraščen z emergentnimi makrofiti, predvsem rogozom. V njem smo našli 18 taksonov, pri čemer je bilo število osebkov dokaj veliko. Jeseni sta prevladovala taksona Odonata in Diptera. Zanimivo je, da je bila največja vrstna pestrost ugotovljena v zimskem vzorčenju, ko je kal pokrivala debela plast ledu. Nevretenčarji v njem so se očitno prilagodili tudi tovrstnim življenjskim razmeram. V zimskem vzorčenju so bile najpogostejše ličinke kačjih pastirjev. V kalu smo našli osem različnih vrst ličink kačjih pastirjev. Pri spomladnem vzorčenju je bil kal skoraj brez vode, zato je bilo jemanje vzorca težje. Spomladansko vzorčenje je bilo glede na razporejenost najpogostejših taksonov podobno jesenskemu. Poleti se je kal popolnoma presušil.



Slika 27: Delež posameznega nevretenčarskega taksona kala Lukovec S2 v obdobju od oktobra 2010 do avgusta 2011

#### 6.2.5 Deleži prehranskih skupin makroinvertebratov

V analizo smo zajeli 74 taksonov, ki so jih glede na delo *Fauna Aquatica Austriaca* (Moog, 1995), uvrstili v prehranske skupine. V kalih najdemo vse od splošno razširjenih prehranskih skupin kot so strgalci, drobilci, plenilci, filtratorji in detritivori. Zastopanost in razmerje med prehranskimi skupinami so zelo raznolike, odvisne pa so predvsem od okolja v katerem živali živijo in od prehranskih možnosti, ki jih to okolje ponuja.

V času **jesenskega vzorčenja** so bili v Dobravljah prevladujoči plenilci in detritivori, našli smo tudi drobilce. Na večini vzorčnih mest so bili najpogostejši plenilci.

Kal v Komnu je habitatno zelo raznolik, zato ni presenetljivo da smo tu našli predstavnike vseh prehranskih skupin. Najmanj je bilo filtratorjev, izrazito pa so prevladovali plenilci. Deleži preostalih prehranskih skupin so bili podobni.

Večji kal v Lukovcu je prav tako gostil vse prehranske skupine. Prevladovali so plenilci in filtratorji. V vzorcu odvzetem ob vodni rastlini iz rodu *Lycopus* je bilo največ plenilcev, medtem ko so bili v prosti vodi najpogostejši filtratorji.

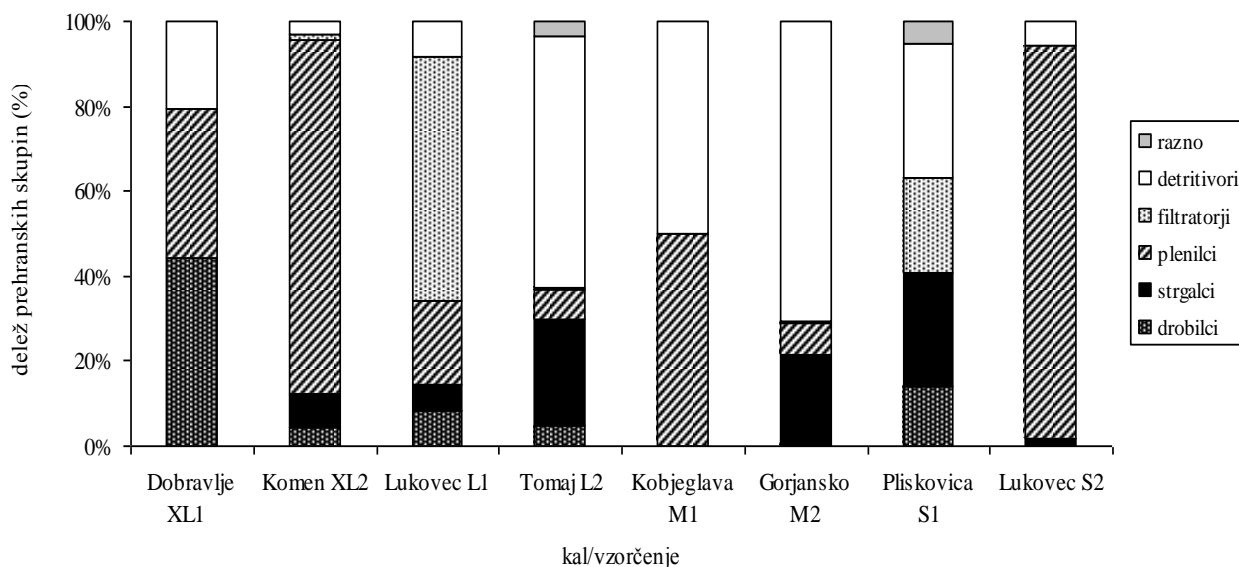
Na vzorčnih mestih v Tomaju so prevladovali predvsem detritivori, sledili pa so jim drobilci in strgalci.

V Kobjeglavi smo našli le en takson, zato je tu težko govoriti o prevladujočem načinu prehranjevanja.

Tudi v Gorjanskem kalu so po številu izstopali detritivori, pogosti so bili tudi strgalci.

Enaka situacija velja tudi za kal v Pliskovici.

V manjšem kalu v Lukovcu smo našli plenilce, detritivore in strgalce. Najpogostejši so bili plenilci.



Slika 28: Delež posameznih prehranskih skupin v osmih kalih pri prvem vzorčenju (29.oktober.2010)

V času **zimskega vzorčenja** smo v dobraveljskem kalu našli detritivore, plenilce in strgalce. Od teh so bili najbolj pogosti plenilci in detritivori.

V Komnu smo našli največ predstavnikov plenilcev in detritivorov.

V večjem kalu v Lukovcu so bili pogosti predvsem filtratorji, sledili pa so jim plenilci.

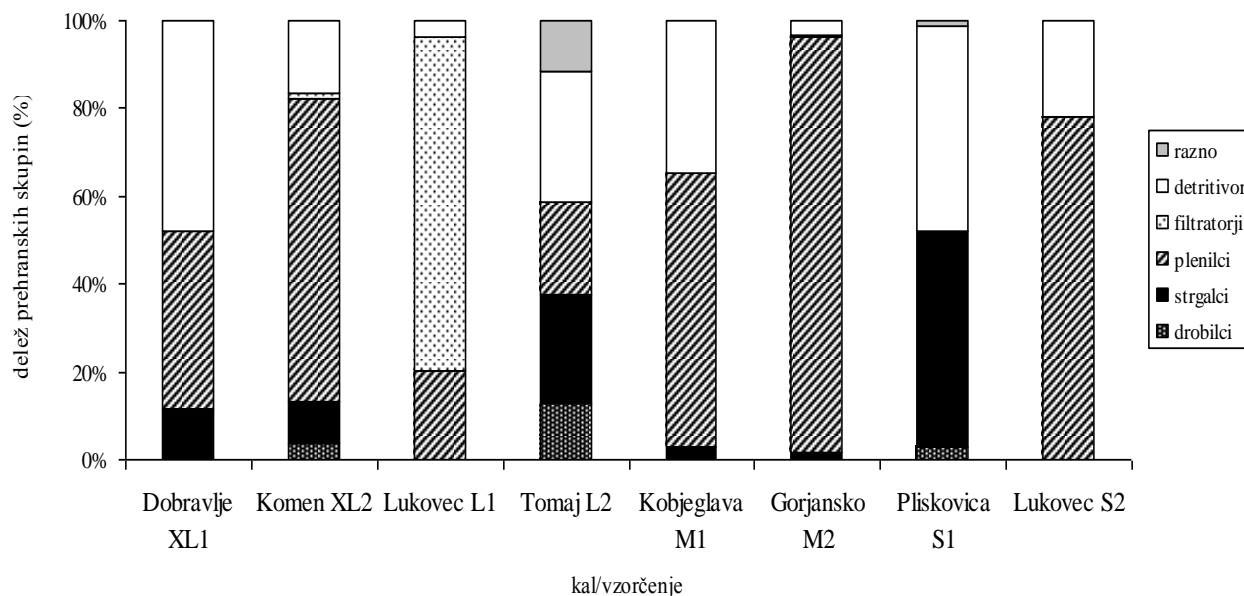
V Tomaju so bile zastopane vse prehranske skupine, pri čemer je bilo največ detritivorov in strgalcev.

V gorjanskem kalu so bili najbolj pogosti plenilci.

Prav tako so bili tudi v Kobjeglavi najpogostejši plenilci, veliko pa je bilo tudi detritivorov.

V kalu v Pliskovici so bili v vzorcih najbolj zastopani skupini detritivorov in strgalcev, sledili pa so jim plenilci.

V manjšem kalu v Lukovcu smo našli le dve skupini in sicer plenilce in detritivore, pri čemer je bilo plenilcev številčno več.



Slika 29: Delež posameznih prehranskih skupin v osmih kalih pri drugem vzorčenju (25.februar.2011)



V dveh vzorcih vzetih na kalu v Dobravljah so v **spomladanskem vzorčenju** prevladovali plenilci, na vzorčnem mestu kjer je rasel rogoz pa je bilo največ detritivorov.

V Komnu so bile zastopane vse prehranske skupine. Najpogosteje so se tu pojavljali plenilci, veliko pa je bilo tudi detritivorov.

V večjem kalu v Lukovcu so bili najpogostejši plenilci in filtratorji.

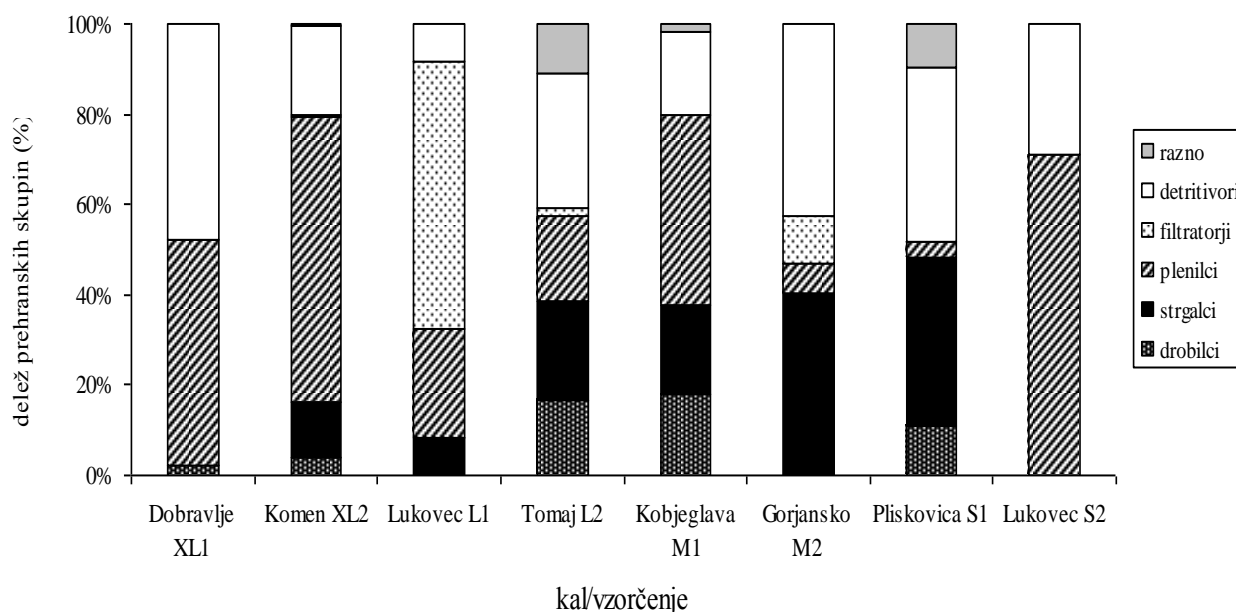
V Tomaju so bile vse prehranske skupine dokaj enakomerno razporejene, manj je bilo le filtratorjev. Največ je bilo strgalcev in plenilcev.

V Gorjanskem so prevladovali strgalci in detritivori, ki so bili številčno skoraj enako zastopani.

V kalu v Kobjeglavi se je zastopanost skupin med vzorcema razlikovala. Na vzorčnem mestu *Juncus* smo našli največ strgalcev in drobilcev, sledili pa so jim plenilci. Vzorec odvzet na sredini je vseboval največ plenilcev in pa detritivorov.

V Pliskovici so se najpogosteje pojavljali strgalci in detritivori.

V manjšem kalu v Lukovcu smo našli le plenilce in detritivore, pri čemer so številčno prevladovali plenilci.



Slika 30: Delež posameznih prehranskih skupin v osmih kalih pri tretjem vzorčenju (18.maj.2011)

Pri **poletnem vzorčenju** so se vzorci odvzeti v Dobravljah glede na zastopanost prehranskih skupin nekoliko razlikovali. Tako smo na vzorčnem mestu *Juncus* našli največ strgalcev in plenilcev, na vzorčnem mestu *Potamogeton* največ strgalcev in drobilcev ter na vzorčnem mestu *Typha* največ detritivorov in plenilcev.

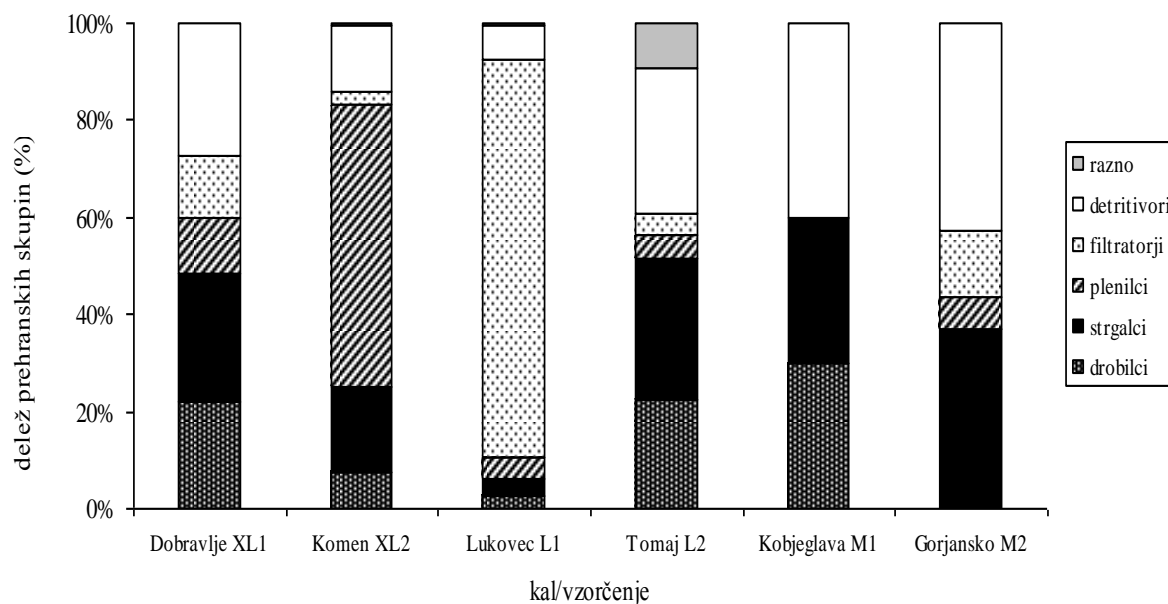
V Komnu so izrazito prevladovali plenilci, sledili pa so jim strgalci in detritivori.

V večjem kalu v Lukovcu so bili najbolj pogosti filtratorji, število predstavnikov ostalih skupin pa je bilo majhno.

V tomajskem kalu so bili najpogostejši drobilci, strgalci ter detritivori.

V Gorjanskem je bilo največ detritivorov in strgalcev, sledili pa so jim filtratorji.

V Kobjeglavi smo v vzorcu našli le en takson, tako da je zastopanost prehranskih skupin težko definirati.



Slika 31: Delež posameznih prehranskih skupin v osmih kalih pri četrtem vzorčenju (19.avgust.2011)

## 7 RAZPRAVA

Kali se med seboj razlikujejo tako po abundanci kot vrstni pestrosti nevretenčarjev v njih. Temu botrujejo velikost kala, okoliško in vodno rastlinje, okolica in prispevno območje kala, morebitni plenilci (predvsem ribe) živeči v kalu, povezanost med kali itd. Vrstno pestrost pa zmanjšujejo neugodni življenjski pogoji kot so: velike spremembe vodostaja, temperature, koncentracije kisika in hranilnih snovi (Poboljšaj in sod. 2007).

**Temperatura vode.** Temperatura se med različnimi kali v določeni sezoni, ni bistveno razlikovala. Razmere v različnih kalih, so bile merjene v različnih delih dneva, kar je vplivalo na rezultate meritev. Najnižje temperature so bile izmerjene v februarju, najvišje pa v avgustu.

**Koncentracija raztopljenega kisika.** V vodi prihaja do dnevnih in sezonskih nihanj koncentracije kisika. Z višanjem temperature se topnost kisika zmanjša, zato so bile koncentracije raztopljenega kisika najvišje v zimskem času, najnižje pa poleti. Koncentracije so bile višje v kalih, ki so bolj zaraščeni z makrofiti, saj na končno koncentracijo bistveno vplivata primarna produkcija zelenih rastlin in razgradni procesi saprofitskih bakterij (Urbanič in Toman 2003). Izjema je bil kal v Kobjeglavi, kjer so bile koncentracije raztopljenega kisika zelo visoke, glede na izmerjeno temperaturo in majhno gostoto vodnega rastlinja. Možno je, da je vzrok za višje koncentracije primarna produkcija fitoplanktona in perifitona ter sončna lega kala. Zaradi plitkosti kalov so ti velikokrat dobro presvetljeni, kar omogoča obstoj številnih alg (in višjih rastlin), ki s fotosintezo vplivajo na količino raztopljenega kisika v vodi. V kalu v Tomaju smo izmerili najnižje vrednosti raztopljenega kisika, ki so najbrž posledica zmanjšanje primarne produkcije, zaradi zasenčevanja kala s krošnjami. V tem kalu gre tudi za povečan vnos organskih snovi (kanalizacija) in povečano razgradnjo, kar poveča porabo kisika. Zaradi večje mikrobne aktivnosti, so koncentracije kisika nižje (Urbanič in Toman, 2003). Tudi večja kala v Lukovcu in v Gorjanskem sta imela, predvsem jeseni nižjo koncentracijo raztopljenega kisika. V oba je jeseni padla večja količina listja. Najverjetneje se je ob procesu razgradnje organskega materiala kisik porabljal.

**Nasičenost s kisikom.** Večinoma je bila najvišja pozimi. Pri treh kalih je bila največja nasičenost izmerjena v poletnem času, kar je posledica povečane fotosintezne aktivnosti makrofitov v poletnem času. Nasičenost vode s kisikom je v nekaj primerih preseгла 100%. V tomajskem kalu so bile izmerjene vrednosti spet zelo nizke. Tudi kala v Lukovcu in Gorjanskem sta imela manjšo nasičenost s kisikom. Zaradi osenčenosti obeh kalov je fotosintezna aktivnost manjša.

**Elektroprevodnost.** Elektroprevodnost vode v kalih je bila ponekod največja pozimi, nekje pa poleti. V jesenskem času se elektroprevodnost povečuje zaradi razgradnje organskih snovi. (Urbanič in Toman, 2003). Na manjšanje prevodnosti so lahko vplivale tudi padavine z učinkom redčenja. Vrednosti so bile dokaj nizke (Dobravlje), višje vrednosti so dosegali le večji kal v Lukovcu, ter kala v Gorjanskem in Tomaju. Kal v Tomaju je v vseh sezonah dosegal najvišje vrednosti ( $>1200 \mu\text{S}/\text{cm}$ ). Sklepamo lahko, da so bile te povečane na račun onesnaženja kala, saj se z dotokom hranil povečuje tudi prevodnost. Pri prevodnosti večji od  $700 \mu\text{S}/\text{cm}$  gre za vpliv zunanjega okolja (Urbanič in Toman, 2003).

**pH.** pH vrednost vode je bila v vseh letnih časih dokaj stalna, najvišje vrednosti smo izmerili v zimskem času. Pri nižjih pH vrednostih je pestrost vrst, posebej nevretenčarjev, manjša (Toman, 2009/10). V preučevanem primeru pa je bil SW indeks v vzorcih v negativni korelaciji ( $p = 0,06$ ) s pH vrednostjo vode. Razloge za odklon lahko iščemo predvsem v zastrtosti kalov z drevesnimi krošnjami, ki je v močni negativni korelaciji ( $p = 0,01$ ) z vrednostjo pH. V nezastrtih kalih so razmere za številne nevretenčarje manj ugodne, kar pa v našem primeru sovпада z višjimi vrednostmi pH vode.

**Skupne raztopljene snovi (TDS).** TDS v večini kalov je bil dokaj nizek, nekoliko večji je pri večjem lukovškem kalu, najvišje vrednosti pa smo izmerili pri kalu v Tomaju.

**Koncentracija ortofosfatnih ionov.** V neobremenjenih vodnih telesih koncentracije ne presegajo vrednosti  $0,1 \text{ mg}/\text{L}$  (Urbanič in Toman, 2003). Pri večini vzorcev je bila koncentracija ortofosfatnih ionov pod mejo zaznavanja, kar pomeni, da so kali neobremenjeni s fosfati. Izjema je le kal v Tomaju, kjer je znašala koncentracija

ortofosfatnih ionov 0,29 mg/L. Ta je bila, tako kot koncentracija nitratnih ionov, povečana ob februarškem vzorčenju. Snovi, ki so bile takrat spuščene v kal, so bile tako tudi vir fosfatov.

**Koncentracija nitratnih ionov.** Vrednosti nitratnih ionov v različnih kalih so bile podobne. V povprečju vrednosti niso bile visoke, saj niso presegle 1 mg/L, kar smatramo za neonesnažene vode (Urbanič in Toman, 2003). Po vsej verjetnosti so bile posledica razkrajanja odpadlega listja in drugih organskih snovi v vodi. Še posebej velik vpliv ima listje tistih vrst, ki odvržejo zelene liste z visoko vsebnostjo dušika (*Robinia pseudacacia*, *Alnus* sp.). Najvišje koncentracije nitratnih ionov smo zaznali v tomajskem kalu pozimi, in sicer 13,8 mg/L. Glede na to, da smo predvidevali da se vanj steka gnojnica iz bližnje hiše, je ta vrednost po vsej verjetnosti posledica večjega izpusta onesnažil v kal.

**Spreminjanje vodostaja v kalih.** Za kale sta značilna močno nihanje vodostaja in pogosta izsušitev. Ker so odvisni od dotoka površinske vode, se spremembe vremena hitro odražajo v količini vode v kalu (Maher, 2007). Kali se podobno kot presihajoči ribniki, pogosto izsušijo. To velja še posebej za manjše in plitkejše kale. V večjih in bolj globokih kalih, voda ostaja tudi skozi sušnejša obdobja. Jeseni se je voda nahajala v vseh preučevanih kalih, pozimi pa je voda v njih zamrznila. Spomladi se je gladina vode v kalih znižala, ob poletni suši pa so nekateri od njih ostali brez vode.

**Habitatni tipi.** V prispevnem območju kalov najdemo naravne habitatne tipe, in tiste, ki so pod močnim vplivom človeškega delovanja. Naravne habitate smatramo za vrstno bolj pestre in ti naj bi tudi prispevali k večji biodiverziteti tako znotraj njih kot tudi v njihovi okolici. Kali v Kobjeglavi, Tomaju in Dobravljah so bili glede na število habitatov v prispevnem območju, najbolj pestri. Vendar so bili ti habitati vezani predvsem na antropogeno rabo tal. Kali v Komnu, Lukovcu, Gorjanskem in Pliskovici so bili obdani z bolj naravnimi habitati.

**Prisotnost rib.** Ribe so bile prisotne v kalu v Dobravljah in Kobjeglavi.

Nevretenčarske združbe odražajo ekološke razmere posameznega vzorčnega mesta in so odraz številnih stresorjev (Urbanič in Toman, 2003). Na vseh vzorčnih mestih smo določili 79 taksonov, od tega 37 do vrste. Število taksonov v kalih se je s sezono spreminjalo. Najmanj se je spreminjalo število osebkov v Komnu, najbolj pa v Kobjeglavi. Največ taksonov smo našli v Komnu, najmanj pa v Gorjanskem in Kobjeglavi. Največje število osebkov smo našli oktobra v komenskem kalu in sicer 597 osebkov. Najmanjše število osebkov smo našli v avgustovskem vzorčenju v Kobjeglavi.

Vrstna pestrost v kalih je za tako majhne habitate, razmeroma visoka. Ugotovili smo, da se število osebkov ne sklada vedno z vrstno pestrostjo določenega kala. V nekaterih kalih, ki imajo na splošno manjšo vrstno pestrost imajo lahko veliko število osebkov določene vrste.

Ugotovili smo, da prisotnost rib v kalih, znižuje vrstno pestrost nevretenčarskih združb. Najbolj pogosta vrsta rib vnesenih v kale je akvarijska zlata ribica (*Carrasius auratus auratus*). Ribe se hranijo predvsem z vodnimi žuželkami. Povzročijo tudi dvigovanje sedimenta in s tem voda postane kalna, zaradi manjšanja številčnosti submerznih makrofitov pa se zmanjšuje število zatočišč za živalske vrste (Maher 2007). Prisotnost rib ima zelo negativen vpliv na vrstno pestrost združbe nevretenčarjev, saj je bila razlika v številu taksonov statistično značilna ( $p = 0,0006$ ). V kalih kjer so prisotne ribe (Dobravlje, Kobjeglava) smo našli najmanjše število nevretenčarskih vrst - v povprečju 4 taksoni, v kalih brez rib pa 10 taksonov. Negativen vpliv rib smo ugotovili tudi na številčnosti osebkov.

Vrstna pestrost nevretenčarskih taksonov se je spreminjala glede na letne čase. Predpostavili smo, da bo vrstna pestrost največja jeseni in spomladi. Pozimi voda v kalih, še posebej v plitvejših, zamrzne. S tem je življenje nevretenčarjev oteženo. Poleti se vrstna pestrost zmanjša tudi zato, ker ličinke določenih vrst, ki del življenja preživijo v vodi, izletavajo in se preobražajo v odrasle osebkove. Kali se lahko tudi presušijo in nevretenčarji se začnejo iz njih preseljevati v sosednje, bolj vodnate kale. Oddaljenost kalov je torej pomemben dejavnik, živali namreč tako lažje prehajajo iz enega v drug kal (Florencio in sod. 2009).

Ugotovili smo, da v številu taksonov med vzorci nabranimi na različnih lokalitetah v različnih sezonah ni statistično značilnih razlik. Vrstna pestrost pozimi tako ni bistveno manjša kot v času ostalih treh vzorčenj, kot smo predvidevali, prav tako v nasprotju z našimi predvidevanji pa število taksonov v spomladanskem in jesenskem vzorcu ni signifikantno večje od števila v ostalih vzorcih.

Vrstna pestrost je v negativni korelaciji z oddaljenostjo od najbližjega sosednjega kala. Pomembnost oddaljenosti kala od ostalih in njihove enakomerne porazdeljenosti v prostoru navajajo tudi Pobjčaj in sod. (2007). S tem je olajšana selitev organizmov med kali (Maher, 2007). Vrstna pestrost v kalih, ki ležijo blizu skupaj je torej večja, kot pri kalih, ki so bolj izolirani. V današnjem času se kali vse bolj zaraščajo in izsušujejo, zato se razdalje med obstoječimi kali večajo.

Prispevno območje kala vpliva na vrstno pestrost organizmov v njem. Kali z naravnejšim prispevnim območjem naj bi bili vrstno pestrejši od kalov v kmetijski krajini. Kmetijske površine pogosto prispevajo k povišanim koncentracijam hranil v vodah (Urbanič in Toman, 2003), te pa povzročijo bujno rast primarnih producentov, med razgradnjo odmrle biomase pa se kasneje porabi večja količina kisika. V naši raziskavi je več kalov ležalo v kmetijski krajini ali na robu vasi, a le za kal v Tomaju lahko rečemo, da je onesnažen. Kljub temu je bila vrstna pestrost kala relativno visoka. Pomembno pri tem je, da omenjeni kal obdaja lesnata vegetacija, ki ugodno vpliva na vrstno pestrost. Kali, obdani z lesnato, oz. gozdno vegetacijo, so se izkazali za bolj vrstno pestre. Izkazalo se je, da so bili kali, ki jih je obkrožala bujna naravna vegetacija, bolj pestri od tistih z malo okoliške naravne vegetacije. Opad okoliških dreves predstavlja vir organskih snovi v kalu.

Stalna prisotnost vode naj bi vplivala na vrstno sestavo nevretenčarske združbe (Collinson in sod. 1994). V presušeni kali namreč ostanejo le tiste vrste, ki so prilagojene na takšne razmere. Poletje preživijo v mirujočem stanju (aestivacija) ali v suši prilagojenih razvojnih fazah (Maher, 2007). Spomladi pride do pomembnega porasta v številu in aktivnosti žuželčnih združb (Boix in sod. 2007). Jeseni in spomladi je bila vrstna pestrost po predvidevanjih večja, a ne bistveno. Takrat so tudi življenjski pogoji v vodi in okolju zunaj nje najbolj optimalni.

Tudi pri primerjavi vrstne pestrosti v kalih, ki so presahnili s pestrostjo v stalnih kalih, nismo ugotovili statističnih razlik v številu taksonov.

V nekaterih raziskavah (Bagella in sod. 2010) so ugotovili medsebojno odvisnost med raznovrstnostjo nevretenčarjev in površino ribnika. V naši raziskavi smo ugotovili, da velikost kala ni v korelaciji z vrstno pestrostjo nevretenčarskih taksonov. Že pri obeh največjih kali smo zaznali velike razlike v vrstni pestrosti. Kal v Komnu je bil zelo pester in bogat z različnimi vrstami nevretenčarjev, medtem ko je bil kal v Dobravljah vrstno zelo reven.

Vrstna pestrost nevretenčarjev je povezana z številom vrst vodnih rastlin (Nicolet in sod. 2004). Vodno rastlinje nevretenčarjem predstavlja zavetje in vir hrane (Bagella in sod. 2010). Ugotovili smo, da je bila vrstna pestrost vzorcev vzeti ob vodnih makrofitih večja, kot pa vrstna pestrost vzorcev iz proste vode. Ribniki so bogati z mikrohabitati, ki jih ponavadi sestavljajo makrofiti (Céréghino in sod. 2008), tako so kali obdani z naravno vegetacijo in z veliko vodnega rastlinja vrstno pestrejši. V kalih z revnejšo okoliško ali vodno vegetacijo pa smo našli manjše število nevretenčarskih vrst. Vrstna pestrost se zmanjša tudi, ko ena rastlina preraste celoten kal in s tem izrine ostale rastline (Maher, 2007).

Sklepamo torej lahko, da so za večjo vrstno pestrost nevretenčarjev pomembnejši drugi dejavniki kot so: zastrtost kala s krošnjami dreves, značilnosti ožjega prispevnega območja, prisotnost rib itd. Pomemben je tudi dejavnik homogenosti oz. heterogenosti habitata. Bolj kot je nek habitat raznolik, večja je verjetnost, da ga bodo naselile različne vrste živali. V njem se lažje izoblikuje večje število mikrohabitats, kjer se življenjske razmere nekoliko razlikujejo in omogočajo ekološke niše različnim živalskim vrstam (Céréghino in sod. 2008).

**Število osebkov v kalih.** Skupno število vseh osebkov, ki smo jih zbrali v vzorcih, je znašalo 5067. Število osebkov je bilo zelo različno, glede na sezono in vzorčeni kal. Največje število osebkov je bilo najdeno jeseni v komenskem in tomajskem kalu ter pozimi v manjšem lukovškem kalu. Na to število so pomembno vplivale vodilne vrste organizmov. Najmanjše število živali smo našli v kalu v Kobjeglavi.



**Prehranske skupine nevretenčarske združbe.** Sestava prehranskih skupin se je med sezonami in med vzorčnimi mesti spreminjala. V povprečju so v vzorcih prevladovali plenilci in detritivori. Delež plenilcev med prehranskimi skupinami je vedno konstanten. Plenilci so pomembni za prepoznavanje sprememb v ekosistemu (Toman, 2009/10). V Dobravljah so prevladovali plenilci in detritivori. Plenilcem so predstavljale plen številčne dipterske larve. Zaradi rib je bila struktura najbrž drugačna. Ribe lahko vplivajo na prehranske verige, ki se vzpostavljajo v kalih. Zaradi prisotnosti rib je v kalu tudi več drobnih odmrlih organskih delcev (FPOM) (Tarman, 1992), ki so hrana za detritivore. Strgalcev je bilo v tem kalu malo, kljub dobro razviti obrasti na makrofitih. V Komnu smo našli predstavnike vseh prehranskih skupin. Najpogostejši so bili plenilci in detritivori. V kalu živi več vrst plenilcev, ki najdejo dovolj plena za preživetje. V kalu smo našli tudi veliko odmrlih delov rastlin, ki so bili hrana za detritivore. V večjem kalu v Lukovcu so prevladovali filtratorji in plenilci. Filtratorji se hranijo s drobnejšimi suspendiranimi delci v vodi. Ker je bil vnos organskih snovi v kal velik, je bilo tudi hrane za njih dovolj. V tomajskem kalu so bili najpogostejši detritivori in strgalci. Glede na večji vtok organskih snovi v kal, je ta ustrezen za življenje detritivorov. Strgalci so se hranili s perifitonom, ki obrašča številne makrofite v kalu. V kalu v Kobjeglavu smo našli predvsem plenilce in detritivore. Zastopanost prehranskih skupin v Gorjanskem se je med vzorčenji spreminjala, v povprečju je bilo največ detritivorov in strgalcev. Tudi ta kal je zaradi obraščenosti dobro založen z večjimi odmrliimi organskimi snovmi (CPOM) (Tarman, 1992). Kal je obrobljen s kamnitim zidom, ki je bil obraščen z mahovi in algami. Te alge so bile najverjetneje hrana za strgalce. Tudi v Pliskovici so prevladovali strgalci ter detritivori. Tudi ta kal je na račun okoliških dreves bogat z organskim materialom. V manjšem kalu v Lukovcu so prevladovali plenilci (ličinke kačjih pastirjev), sledili pa so jim detritivori. Kar se tiče prehranskih skupin so bili pestrejši večji kali z več mikrohabitati, saj tu najdemo vse prehranske skupine. Delež in zastopanost prehranskih skupin v kalih se spreminja glede na sezono in glede na različna vzorčna mesta.

**Shannon-Wienerjev indeks.** Vrednost SW indeksa se je med kali spreminjala. Najvišje vrednosti smo izračunali v poletnem obdobju v Komnu, medtem ko so bile zelo nizke vrednosti izračunane v Dobravljah, Kobjeglavu in Pliskovici. Na vrstno pestrost

nevretenčarjev pa je vplivala tudi vrstna pestrost mikrohabitatov. Vrstna pestrost se je v Kobjeglavi in Dobravljah verjetno zmanjšala na račun prisotnosti rib, ki spremenijo prehranski splet v ekosistemu.

Kal v **Dobravljah** je največji od vzorčenih. Vrstna pestrost in številčnost nevretenčarjev v njem nista premosorazmerna z njegovo velikostjo. V tem kalu smo v celotnem vzorčenju našli vsega skupaj 12 taksonov. Majhno raznolikost vrst lahko pripišemo različnim dejavnikom. Eden izmed teh je homogenost rabe tal v prispevnem območju kala. Kal leži v kotanji, obdaja pa ga intenzivno gojen travnik z nekaj posameznimi drevesi. Nad kotanjo se nahajajo vinogradi in njive. Makrofiti v kalu so sicer prisotni, a po vsej verjetnosti niso dovolj primerna skrivališča za nevretenčarje. Najpomembnejši dejavnik, ki znižuje številčnost je prisotnost rib v kalu. Po številu osebkov je dominantna poddružina Tanypodinae. V poletnem vzorcu so bile najpogostejše ličinke iz rodu *Stratiomys*. Ta dipterska ličinka živi v blatnih, plitkih vodah, tik pod gladino in iz nje moli dihalno cevko (Bellmann, 1999). Za večino ličink dvokrilcev velja, da nimajo posebnih zahtev glede življenjskih razmer, so zelo tolerantne in se pogosto nahajajo tudi v organsko obremenjenih vodah.

Kal v **Komnu** ima največjo vrstno pestrost nevretenčarjev med vsemi osmimi kali. Kal ima veliko površino, voda pa je relativno nizka. V njem raste veliko vodnih makrofitov, ob njem se nahaja poplavni travnik s številnimi rastlinskimi vrstami, nekoliko bolj oddaljena pa je gozdna vegetacija. Pestrost in številčnost makrofitov sta tudi dva izmed vzrokov za visoko pestrost živalstva v tem kalu. Največja pestrost nevretenčarskih skupin je bila prisotna spomladi. V tem kalu so bili pogosti hrošči, med njimi je bil najštevilčnejši takson *Noterus crasicornis*. Ta vrsta je značilna za stoječe vode bogate z vodno vegetacijo. Obstoječi kali na Krasu so bivališče različnim vrstam vodnih hroščev (Ambrožič in sod. 2005). Odrasli osebki hroščev in stenic so najbolj pogosti na koncu vodne faze, medtem ko so larve hroščev, predvsem iz družine Dytiscidae najbolj pogoste spomladi (Florencio in sod., 2009). Našli smo tudi veliko pijavk, ki so bile v drugih kalih zelo redke. Njihova prisotnost je verjetno povezana z velikim številom raznolikega plena.

Večji kal v **Lukovcu** obdaja gozdna vegetacija. Med drevesi je pogosta robinija, za katero je značilna večja količina dušika v odpadlih listih. Jeseni je bila v tovrstnih kalih prisotna velika količina organskih snovi v obliki listja. Stopnja fotosinteze je zaradi osenčenosti v

vegetacijski sezoni nižja. Vrstna pestrost nevretenčarjev v tem kalu je velika, saj smo našli 22 taksonov. Največ taksonov smo našli ob jesenskem vzorčenju, kar je najverjetneje povezano z večjo količino odpadlega listja, ki za živali pomeni vir hrane. V kalu je dominanten takson vrsta školjke *Pisidium casertanum*. Te so bile v jesenskem obdobju tudi najpogostejše.

Kal v **Tomaju** je glede na rezultate kemijskih meritev od vseh najbolj obremenjen z organskimi snovmi. Voda v kalu je imela izrazito neprijeten vonj. Del brega so zasenčevale drevesne vrste, osončeni del pa je bil gosto zarasel s širokolistnim rogozom. Celotno vodno gladino je prerasla vodna leča. Tudi v ta kal je v jesenskem času padlo dosti listja. S tem pa sovpada dejstvo, da je bilo jeseni najdeno največje število taksonov. Glede na onesnaženost kala, je vrstna pestrost nevretenčarskih skupin relativno velika (16 taksonov). Po številčnosti osebkov je ta kal med prvimi. Še posebej številčne so bile ličinke hrošča iz rodu *Cyphon*. Te so bile dominantne v jesenskem vzorčenju, v ostalih pa je bila najbolj pogosta vrsta vodnega polža *Radix ovata*.

Kal v **Gorjanskem** je v celoti obrasel z drevesnimi vrstami, nima pa veliko vodne vegetacije. To pomeni manj primerno okolje za nevretenčarje. V kalu smo našli 11 taksonov, številčnost osebkov je bila dokaj velika. V jesenskem vzorcu so bili najbolj pogosti maloščetinci. Ker so ti večinoma detritivori sklepamo, da je odpadlo razkrajajoče listje povod za njihovo številčnost. V zimskem vzorcu po številčnosti izstopajo ličinke hrošča iz rodu *Cyphon*.

Kal v **Kobjglavi** leži na robu vasi in je obdan s kmetijskimi površinami. V neposredni bližini ni dreves, pa tudi vodnih makrofitov je zelo malo. Dno in rob kala sta kamnita, kar ustvarja homogen habitat za organizme. Posledično je vrstna pestrost nevretenčarjev nizka. Poleg omenjenih dejavnikov smo opazili prisotnost rib, kar je dodaten razlog za nizko pestrost. V vseh vzorčenjih smo skupno našli 11 taksonov. Večina taksonov je bila prisotna pri pomladanskem vzorčenju. V oktobrskem in avgustovskem vzorcu smo našli le en takson.

Kal v **Pliskovici** je majhen. Leži v gozdnati krajini in je obraščen z drevesi in grmi. Zaradi mnogih in razmeroma pogostih vodnih makrofitov je kal zelo heterogen. Globina vode v kalu je nizka, zato se je ob poletni vročini tudi izsušil. Kljub majhnosti smo v kalu našli 24 taksonov. Vodilni takson je bila vrsta vodnih polžev *Radix ovata*. Tukaj smo našli tudi več predstavnikov taksona mladoletnic (Trichoptera). Mnoge vrste so drobilci, ki se

prehranjujejo z odpadlim listjem, listi makrofitov, ostanki lesa in ostanki mrtvih živali (Hrovat, 2007), česar je v tem kalu veliko.

Drugi kal v **Lukovcu** je zelo majhen. V celoti ga poraščajo emergentni makrofiti iz rodu *Typha*. Kal je kljub majhnosti zelo pester. Voda v njem je zelo nizka, zato je bilo že pomladansko vzorčenje oteženo, ob poletnem pa je presahnil. V njem smo našli 18 nevretenčarskih taksonov. Kar 12 jih je bilo prisotnih v zimskem času, ko je kal prekrivala debela plast ledu. V kalu smo našli 8 vrst ličink kačjih pastirjev. Dominanten takson je bila dipterska poddružina Tanypodinae.

## 8 SKLEPI

Postavili smo šest hipotez in na osnovi naših rezultatov lahko sklenemo naslednje:

Predpostavili smo, da bo vrstna pestrost večja v večjih kalih in se bo manjšala z zmanjševanjem velikosti. Na osnovi naših rezultatov te hipoteze ne moremo potrditi. Vrstna pestrost namreč ni bila v korelaciji s površino kala, prav tako ni bila v korelaciji z globino kala.

Predpostavili smo, da bosta prispevno območje kala oz. obrežna vegetacija vplivala na vrstno pestrost v njem. To hipotezo lahko delno potrdimo, saj sta bila tako vrstna pestrost ( $p = 0,03$ ) kot SW indeks ( $p = 0,05$ ) v pozitivni korelaciji z zastrtostjo kala z drevesnimi krošnjami. Prispevno območje neposredno ob kalu tako bistveno vpliva na vrstno pestrost kalov. Pri ugotavljanju vpliva števila naravnih habitatov v prispevnem območju na vrstno pestrost smo ugotovili da omenjeni parametri niso v korelaciji.

Predpostavili smo, da bo prisotnost rib v kalih zmanjšala vrstno pestrost v kalih. Ugotovili smo, da je število taksonov v vzorcih, ki smo jih nabrali v kalih, v katerih so prisotne ribe, (Dobravlje, Kobjeglava) občutno manjše ( $p < 0,001$ ) kot v vzorcih iz ostalih kalov. To hipotezo lahko, praktično brez dvoma, potrdimo. Ribe se selektivno hranijo z nevreenčarskimi skupinami.

Predpostavili smo, da bo vrstna pestrost pozimi manjša kakor v drugih sezonah in da bo ta največja spomladi in jeseni. Ugotovili pa smo, da se število taksonov v vzorcih iz preučevanih kalov med sezonami statistično ne razlikuje, hipotezi lahko ovržemo.

Predpostavili smo tudi, da bo vrstna pestrost kalov obdanih s potencialno naravno vegetacijo večja. To hipotezo lahko potrdimo le na osnovi podatkov o zastrtosti kala z drevesnimi krošnjami. Krošnje zastirajo kale, ki jih vsaj delno obdaja naravna vegetacija, ki je v tem primeru gozdna vegetacija, oziroma določen sukcesijski stadij, v katerem prevladujejo drevesne in grmovne vrste. Zastrtost kala z drevesnimi krošnjami je v pozitivni korelaciji z vrstno pestrostjo ( $p = 0,03$ ) in z SW indeksom ( $p = 0,05$ ).

## 9 POVZETEK

Kali so stalne ali občasne umetne stoječe vode, značilne za kraški svet. V preteklosti so služili predvsem napajanju živine, v današnjih časih pa se njihov prvotni pomen izgublja. Kljub temu postajajo vse bolj pomembni kot nosilci biodiverzitete. Naseljujejo jih številne rastlinske in živalske vrste. Prav zato, se je v zadnjem času povečalo zanimanje za ta vodna telesa. V okviru akcije "Tisoč in en kal", so mnoge kale na novo obnovili in raziskovali življenjske združbe v njih. Vendar pa so se raziskave, ki so jih do sedaj opravljali na kalih nanašale predvsem na vretenčarske prebivalce kalov, odrasle osebke hroščev in kačjih pastirjev ter makrofite značilne za ta habitatni tip. Vrstna pestrost nevretenčarskih združb pa ni bila preučena.

Terenski del raziskave je potekal od oktobra 2010 do avgusta 2011. Zajemal je štiri vzorčenja in sicer oktobra, februarja, maja in avgusta. Vzorčili smo na Krasu, v osmih kalih, ki so se nahajali v Dobravljah, Komnu, Lukovcu, Tomaju, Kobjeglavi, Gorjanskem in Pliskovici. Kot metodo vzorčenja smo uporabili kvalitativno vzorčenje, natančnejše metodo z brcanjem (angl. *kick sampling*). Poleg vzorčenja nevretenčarjev smo spremljali še okoljske spremenljivke. Dobljene podatke smo nato računsko in grafično obdelali. Izračunali smo vrednosti Shannon-Wienerjevega indeksa in določili prehranske skupine združb v vzorcih.

Namen našega vzorčenja je bil raziskati vrstno pestrost kalov s stališča nevretenčarjev. S pomočjo vzorčenja in določanja prisotnih taksonov nevretenčarjev v kalih, smo lahko ugotovili kakšni sta njihova vrstna pestrost in številčnost. Vzorčili smo v štirih letnih časih v obdobju enega leta. V raziskavo smo zajeli osem različnih kalov, ki smo jih med seboj primerjali.

Zanimalo nas je, kateri dejavniki vplivajo na vrstno pestrost nevretenčarjev. Primerjali smo vrstno pestrost kalov različnih velikosti in različnega prispevnega območja. Tiste, ki jih obdajajo kmetijske površine in tiste, ki se nahajajo v naravnem okolju brez večjih človekovih vplivov. Sklepali smo, da bodo večji kali bolj pestri, prav tako naj bi bili pestrejši tisti, ki jih obdaja čim bolj naravno okolje z veliko naravne vegetacije. Domnevali smo še, da bo vrstna pestrost največja spomladi in jeseni, na njeno zmanjšanje pa naj bi znatno vplivala prisotnost rib v kalu.

V 32 vzorcih smo določili 79 taksonov, od tega največ (48) v kalu v Komnu, najmanj (11) pa v dveh kalih in sicer tistem v Kobjeglavi in v Gorjanskem. Največje število osebkov smo našli v oktobrskem vzorčenju v Komnu. Tudi skupno število osebkov vseh vzorčenj je bilo tu največje. Najmanjše število je pripadlo kalu v Kobjeglavi. Skupno število vseh osebkov je bilo 5067. V Dobravljah in Kobjeglavi je prevladoval takson Diptera. V Komnu takson Coleoptera. V večjem kalu v Lukovcu je prevladoval takson Bivalvia, v manjšem pa Diptera. V tomajskem kalu sta prevladovala taksona Coleoptera ter Gastropoda. Takson Gastropoda je bil pogost tudi v Pliskovici. V Gorjanskem sta bila najštevilčnejša taksona Oligochaeta in Coleoptera.

Število osebkov se je od sezone do sezone spreminjalo, prav tako smo opazili razlike med posameznimi kali. Največje število osebkov smo našli v kalih v Tomaju, Komnu in Lukovcu. Najmanjše število pa v kalu v Kobjeglavi.

Vrednosti Shannon-Wienerjevega indeksa so se med vzorčenji spreminjale. Najvišjo vrednost je imel avgustovski vzorec iz kala v Komnu. Najmanjšo vrednost pa kar trije kali v oktobrskem vzorčenju in sicer kal v Dobravljah, Kobjeglavi in Gorjanskem.

Razdelitev v prehranske skupine nam je pokazala, da se v vzorcih najpogosteje pojavljajo detritivori in plenilci.

V dobi moderne civilizacije ljudje živimo od narave vse bolj odtujeno življenje. Voda je eden izmed tistih virov, ki ga jemljemo kot samoumevna. Uničujemo in izsušujemo vodna telesa, ki nudijo zatočišče različnim organizmom, zaradi lastnega profita ali preproste brezbržnosti. Kar ne prinaša dobička, za nas nima več prave vrednosti. Ob vsem tem pa se ne zavedamo, da je naše največje bogastvo narava. Daje nam vse, kar potrebujemo za življenje. Tako moramo tudi v primeru kalov, te vzeti kot dobrino. Žarišča naravne biodiverzitete in zadrževalnike vode - naše najpomembnejše in najdragocenejše tekočine.

## 10 VIRI

Ambrožič Š., Drovenik B., Pirnat A. 2005. Vodni hrošči (*Coleoptera*) kalov in lokev na Krasu (Water beetles (*Coleoptera*) of kali and lokve on the Karst). Kras: Voda in življenje v kamniti pokrajini. Založba ZRC SAZU, Ljubljana: 564 str.

Bagella S., Gascón S., Caria M.C., Sala J., Mariani M.A., Boix D. 2010. Identifying key environmental factors related to plant and crustacean assemblages in Mediterranean temporary ponds. *Biodivers Conserv* 19: 1749-1768

Becerra Jurado G., Masterson M., Harrington R., Kelly-Quinn M. 2007. Evaluation of sampling methods for macroinvertebrate biodiversity estimation in heavily vegetated ponds. *Hydrobiologia* 597: 97-107

Bellmann H. 2009. Naše in srednjeevropske žuželke. Kranj, Založba Narava: 445 str.

Boix D., Gascón S., Sala J., Badosa A., Brucet S., López-Flores R., Martinoy M., Gifre J., Quintana X.D. 2007. Patterns of composition and species richness of crustaceans and aquatic insect along environmental gradients in Mediterranean water bodies. *Hydrobiologia* 597: 53-69

Bole J. 1969. Ključi za določevanje živali; Mehkužci (Mollusca). Ljubljana, Inštitut za biologijo Univerze v Ljubljani, Društvo biologov Slovenije

Céréghino R., Biggs J., Oertli B., Declerck S. 2007. The ecology of European ponds: defining the characteristics of a neglected freshwater habitat. *Hydrobiologia* 597: 1-6

Collinson N. H., Biggs J., Corfield A., Hodson M. J., Walker D., Whitfield M., Williams P. J. 1994. Temporary and permanent ponds: an assessment of the effects of drying out on the conservation value of aquatic macroinvertebrate communities. *Biological Conservation* 74: 125-133



Copp G. H., Warrington S., Wesley K. J. 2007. Management of an ornamental pond as a conservation site for threatened native fish species, crucian carp *Carassius carassius*. *Hydrobiologia* 597: 149-155

Culberson S. D., Piedrahita R. H. 1995. Aquaculture pond ecosystem model: temperature and dissolved oxygen prediction- mechanism and application. *Ecological Modelling* 89: 231-258

Čelik T., Zelnik I., Babij V., Vreš B., Pirnat A., Seliškar A., Drovenik B. 2005. Inventarizacija kalov in lokev na Krasu ter njihov pomen za biotsko raznovrstnost (Inventory of Karstic ponds (kal and lokev) and their importance for biotic diversity). *Kras: Voda in življenje v kamniti pokrajini*. Založba ZRC SAZU, Ljubljana: 564 str.

Čelik T. 2005. Vodne vešče (*Lepidoptera, Pyralidae: Nymphulinae*) kalov in lokev na Krasu (Aquatic moths (*Lepidoptera, Pyralidae: Nymphulinae*) of karstic ponds). *Kras: Voda in življenje v kamniti pokrajini*. Založba ZRC SAZU, Ljubljana: 564 str.

Davies B. R., Biggs J., Williams P. J., Lee J. T., Thompson S. 2007. A comparison of the catchment sizes of rivers, streams, ditches and lakes: implications for protecting aquatic biodiversity in an agricultural landscape. *Hydrobiologia* 597: 7-17

Florencio M., Serrano L., Gómez-Rodríguez C., Millán A., Díaz-Paniagua C. 2009. Inter- and intra- annual variations of macroinvertebrate assemblages are related to the hydroperiod in Mediterranean temporary ponds. *Hydrobiologia* 634: 167-183

Gams I. 2003. *Kras v Sloveniji v prostoru in času*. Ljubljana, Založba ZRC SAZU: str 516

Ghosn D., Vogiatzakis N. I., Kazakis G., Dimitriou E., Moussoulis E., Maliaka V., Zacharias I. 2010. Ecological changes in the highest temporary pond of western Crete: past, present and future. *Hydrobiologia* 648: 3-18

Hrovat M. 2007. Združbe enodnevnih (*Ephemeroptera*), vrbnic (*Plecoptera*) in mladoletnic (*Trichoptera*) v izbranih vodotokih Bele krajine. Diplomski naloga. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 119 str.

Kereži V. 2007. Makroinvertebratska združba potoka Glinščica. Diplomski naloga. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 81 str.

Kranjc A., Likar V., Huzjan Žalik M. eds. 1999. Uvod. Kras: pokrajina, življenje, ljudje. Inštitut za raziskovanje Krasa ZRC SAZU, Ljubljana, 321 str.

Maher I. 2007. Kali na Primorskem: kaj, kakšni in zakaj so? Priročnik o kalih: Okrogla voda. Zavod RS za varstvo narave, Ljubljana, 207 str.

Maher I. 2007. Gospodarjenje s kali. Priročnik o kalih: Okrogla voda. Zavod RS za varstvo narave, Ljubljana, 207 str.

Moog O. (ur.) 1995. Fauna Aquatica Austriaca. Lieferung Mai/95. Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land und Forstwirtschaft, Wien.

Nicolet P., Biggs J., Fox G., Hodson M. J., Reynolds., Whitfield M., Williams P. 2004. The wetland plant and macroinvertebrates assemblages of temporary ponds in England and Wales. *Biological Conservation* 120 261-278

Petrič M. 2005. Hidrogeološke značilnosti Krasa (Hydrogeological characteristics of Karst). Kras: Voda in življenje v kamniti pokrajini. Založba ZRC SAZU, Ljubljana: 564 str.

Poboljšaj K., Šalamun A., Trčak B., Cipot M. 2007. Življenje v kalu. Priročnik o kalih: Okrogla voda. Zavod RS za varstvo narave, Ljubljana, 207 str.

Potisek M., Okoljski dejavniki in makrofiti v kalih na Krasu. Diplomski naloga. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za biologijo: 56 str.

Raven P. J., Holmes N. T. H., Dawson F. H., Fox P. J. H., Everard M., Fozzard I. R. 1998. River habitat quality. Environment agency, Almondsbury, UK, 86 str.

Solimini A. G., Bazzanti M., Ruggiero A., Carchini G. 2007. Developing a multimetric index of ecological integrity based on macroinvertebrates of mountain ponds in central Italy. *Hydrobiologia* 597: 109-123

Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 547 str

Toman, M. J. 2009/10. Zapiski iz predmeta Limnologija. Ljubljana. BF, Odd. za biologijo: 96 str.

Toman, M. J. 2009/10. Zapiski iz predmeta Interakcije med organizmi. Ljubljana. BF, Odd. za biologijo: 26 str.

Urbanič G., Toman M. J. 2003. Varstvo celinskih voda. Ljubljana, Študentska založba, Scripta: 94 str.

Williams P., Whitfield M., Biggs J. 2007. How can we make new ponds biodiverse? A case study monitored over 7 years. *Hydrobiologia* 597: 137-148

Zelnik I., Potisek M., Gaberščik A. 2012. Environmental conditions and macrophytes of Karst ponds. *Pol. J. Environ. Stud.* Vol. 21, No. 6, 1911-1920

## ZAHVALA

Zahvaljujem se svojemu mentorju prof. dr. Mihaelu. J. Tomanu, za strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomskega dela.

Hvala somentorju doc. dr. Igorju Zelniku, ki je bil vedno na razpolago za kakršnokoli vprašanje in mi je bil s svojimi nasveti v veliko pomoč. Hvala tudi za pomoč na terenu.

Hvala asistentu Draganu Abramcu za pomoč na terenu in pri laboratorijskem delu.

Hvala prof. dr. Alenki Gaberščik in doc. dr. Cenetu Fišerju za pregled diplome in konstruktivne komentarje.

Hvala Mojci Hrovat za pomoč pri določanju nevretenčarjev.

Hvala vsem mojim prijateljem, ki ste me ves čas vzpodbujali.

Hvala tebi, Marko, ker si mi stal ob strani, tudi v časih, ko sem pozabila verjeti vase.

Hvala mojim staršem in starim staršem, da ste me spremljali, motivirali in mi nudili podporo skozi celoten študij, še posebej pa ob pisanju diplome.

## PRILOGE

Priloga A1: tabela podatkov o kalih (Potisek, 2011)

Številka kala	Vas v katerem se nahaja kal	KOORDINATE		Globina (m)	Površina (m <sup>2</sup> )	Stanje
		N	E			
1	Dobravlje	45° 45, 981'	13° 53, 060'	1,3	602,60	Obnovljen
2	Gorjansko	45° 48, 514'	13° 42, 131'	0,28	65,00	V zaraščanju
3	Kobjeglava	45° 49, 246'	13° 48, 493'	0,72	9,00	Obnovljen
4	Komen	45° 49, 151'	13° 48, 401'	0,9	547,40	V zaraščanju
5	Lukovec (S2)	45° 50, 108'	13° 48, 942'	0,38	35,10	Obnovljen
6	Lukovec (L1)	45° 50, 033'	13° 49, 228'	0,4	127,00	V zaraščanju
7	Pliskovica	45° 46, 206'	13° 46, 158'	0,18	28,00	V zaraščanju
8	Tomaj	45° 45, 425'	13° 51, 431'	0,9	131,10	V zaraščanju

## Priloga A2: fizikalno-kemijski dejavniki

	Dobravlje XL1				Komen XL2				Lukovec L1				Tomaj L2			
Zaporedna št. vzorčenja	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Ura	15:45	14:00	13:15	11:52	12:30	10:50	10:10	15:25	10:55	9:05	9:00	/	9:45	13:20	12:40	13:02
Nasičenost s O2 (%)	89,5	89	90	102,9	80,3	83,7	95	103,4	6,1	154	55	/	8,2	15,1	10	6,6
Raztopljeni O2 (mg/L)	10	11,6	7,5	7,9	9,3	16,3	9,1	8,1	0,7	22,3	5,7	/	1	2,3	0,8	0,3
pH	7,2	7,5	6,7	6,7	6,7	7,7	6,7	7,1	6,6	7,3	6,9	/	4,6	7,25	6,7	6,6
Prevodnost (µs/cm)	85,5	91	109	99,2	160,3	192,3	207	119,9	438,3	675	520	/	912,6	1264	1160	1661
Temperatura (°C)	10,8	4,5	21,8	27,2	7,5	2,1	15,3	27	5,5	0,2	13,3	/	6,3	2,2	14,6	21,6
Saliniteta (‰)	/	74,5	99	92	/	190,5	188	102,3	/	577	475	/	/	1107	1106	1645
TDS (mg/L)	/	86	102	93,4	/	179,3	195	112,5	/	637	490	/	/	1235	1074	1569
Konc.PO4 (690nm)	p.m.d	p.m.d	p.m.d	p.m.d	p.m.d	p.m.d	p.m.d	p.m.d	p.m.d	p.m.d	p.m.d	p.m.d	0,09	0,87	0,21	0,39
Konc. NO3 (mg/L)	p.m.d	p.m.d	0,41	1,59	0,28	1,67	0,59	2,12	0,21	0,17	0,42	2,11	p.m.d	13,8	0,998	2,76
	Gorjansko M1				Kobjeglava M2				Pliskovica S1				Lukovec S2			
Zaporedna št. vzorčenja	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Ura	14:00	12:10	11:30	14:30	11:50	10:15	9:30	11:00	15:00	12:50	12:15	/	11:10	9:30	8:30	/
Nasičenost s O2 (%)	4,5	6,8	58	7,3	54,9	166	80,4	100,4	11	52,5	35	/	110,5	103	96	/
Raztopljeni O2 (mg/L)	0,7	1,1	5,8	0,6	12	23,6	8,14	7,7	1,3	6,5	3,5	/	13,9	14,7	9,6	/
pH	6,8	7,2	7,1	6,7	7,6	9,2	7,5	6,5	6,9	7,5	7	/	7,6	7,4	7,3	/
Prevodnost (µs/cm)	259	309	328	379,8	142	139,33	165	101,9	171	279,5	163	/	194	357	297	/
Temperatura (°C)	8,2	3,3	13,6	21,5	6,1	7,7	17,8	28,7	7,4	4,7	13,6	/	4,8	0,4	13	/
Saliniteta (‰)	/	261	296	297	/	111,5	149	155,5	/	238	127	/	/	258	271	/
TDS (mg/L)	/	292	310	266,4	/	131,33	157	158,3	/	261	135	/	/	338	287	/
Konc.PO4 (690nm)	0,07	p.m.d	p.m.d	p.m.d	p.m.d	0,0467	0,11	0,177	p.m.d	p.m.d	0,05	/	p.m.d	p.m.d	p.m.d	/
Konc. NO3 (mg/L)	p.m.d	0,19	0,58	0,87	p.m.d	1,1859	0,37	0,881	p.m.d	p.m.d	0,73	/	p.m.d	0,42	0,99	/

Priloga A3: makroinvertebratski taksoni najdeni v kalih na Krasu

VIŠJI TAKSON	DRUŽINA	TAKSON	Dobravlje XL1				Komen XL2				Lukovec L1				Tomaj L2				Gorjansko M1				Kobjeglava M2				Pliskovica S1				Lukovec S2			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Odonata	Aeschnidae	<i>Aeshna caerulea</i>	0	0	0	0	0	1	0	3	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
		<i>Aeshna cyanea</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Anax imperator</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Brachyteron pratense</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Corduliidae	<i>Somatochlora metallica</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	1	0	0
		<i>Cordulia aenea</i>	0	1	0	0	0	1	10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	33	5	0
	Libellulidae	<i>Orthetrum brunneum</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0
		<i>Symptetrum danae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
		<i>Libellula depressa</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	7	0	0
	Coenagrionidae	<i>Ischnura elegans</i>	0	0	0	3	39	9	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
<i>Coenagrion puella</i>		0	0	0	0	35	9	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	
Platycnemididae	<i>Platychemis pennipes</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Heteroptera	Naucoridae	<i>Naucurus maculatus</i>	1	0	0	0	10	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Notonectidae	<i>Notonecta glauca</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7	0	0
		<i>Notonecta obliqua</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Gerridae	<i>Gerris</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pleidae	<i>Plea leachi</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Veliidae	<i>Velia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mesoveliidae	<i>Mesovelia</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Diptera	Stratiomyidae	<i>Stratiomys</i> sp.	0	0	0	20	57	44	13	50	24	0	0	6	28	4	12	36	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	0	0	0
	Chironomidae	Tanypodinae	61	22	73	0	8	110	107	14	0	3	11	3	1	27	25	3	1	2	4	8	9	28	16	0	0	15	2	0	14	297	77	0
	Ceratopogonidae	Ceratopogonidae (nimfa)	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0
		Ceratopogonidae	0	0	0	0	30	32	1	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	25	0	0	0
	Sciomyzidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tipuloidea	<i>Pediciin</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dasyheleinae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	

<b>Diptera</b>	Chaoboridae	<i>Chaoborus</i> sp.	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	0	0		
		Chaoboridae (nimfa)	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Culicidae	<i>Anoples</i> sp.	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Culicinae	0	0	0	0	0	6	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Tabanidea	Tabanidae (nimfa)	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Tabanidae (pupa)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Tabanidae (larva)	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0		
	Seratophogonidae	Seratophogoninae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	Tipulidae		0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0		
Dixidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Limonidae		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
<b>Hirudinea</b>		<i>Haemopsis sanguisa</i>	0	0	0	1	3	2	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Coleoptera</b>	Noteridae	<i>Noterus</i> sp. (larva)	0	0	0	3	1	8	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		<i>Noterus crasicornis</i>	0	0	0	0	277	45	26	51	3	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Noterus clavicornis</i>	0	0	0	0	90	34	0	6	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Scirtidae	<i>Cyphon</i> sp. (larva)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	424	16	0	0	1	407	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Hygrobiidae	<i>Hygrobia</i> sp.(larva)	0	0	0	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Dytiscidae	<i>Dytiscus marginalis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		<i>Hydroporus memnonius</i>	0	0	0	0	5	0	0	0	6	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Laccophilus proximus</i>	0	0	0	0	0	7	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	0	0	0
		<i>Dytiscus</i> sp. (larva)	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Hydaticus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
		<i>Acilius</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Hydrovatus</i> sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Agabus</i> sp. (larva)	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Potamonectes depressus</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Hydraenidae	<i>Limnebius</i> sp.	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		<i>Hydraena minutissima</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Haliplidae	<i>Peltodytes</i> sp.	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
		<i>Haliplus</i> sp. (larva)	0	0	0	0	4	3	1	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0



